

DISEÑO DE SILLA BIPEDESTADORA DE BAÑO PARA PACIENTES CON DISCAPACIDAD DE MIEMBRO INFERIOR

MANUELA GIRALDO GÓMEZ



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA-CES
INGENIERÍA BIOMÉDICA
ENVIGADO
2012**

**DISEÑO DE SILLA BIPEDESTADORA DE BAÑO PARA
PACIENTES CON DISCAPACIDAD DE MIEMBRO
INFERIOR**

MANUELA GIRALDO GÓMEZ

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA BIOMÉDICA**

**YESID MONTOYA GÓEZ
INGENIERO CIVIL M.SC**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA-CES
INGENIERÍA BIOMÉDICA
ENVIGADO
2012**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por darme la posibilidad de realizar mis estudios en una institución tan prestigiosa como lo es la Escuela de Ingeniería de Antioquia y por ser el apoyo incondicional durante esta larga trayectoria que esta por culminar.

A la Fundación Aula Abierta por la colaboración que me brindó, el tiempo y asesorías para permitirme conocer las necesidades de la sociedad

A los profesores Yesid Montoya Góez, Luis Vicente Wilches y Daniel López por su constante apoyo, colaboración y compromiso durante el desarrollo de este trabajo.

A todas las personas que proporcionaron las bases adecuadas para mi formación y que gracias a ellos soy una excelente persona e ingeniería biomédica. Y que aportaron de una manera u otra para lograr el buen desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1 PRELIMINARES	14
1.1 Planteamiento del problema	14
1.2 Objetivos del proyecto	15
1.2.1 Objetivo General.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
2 MARCO DE REFERENCIA	16
2.1 Generalidades sobre la discapacidad	16
2.1.1 Definiciones.....	16
2.1.2 Causas de la discapacidad de miembro inferior.....	16
2.1.3 Clasificación	17
2.2 La discapacidad en el mundo	18
2.2.1 Discapacidad en Colombia	19
2.2.2 Discapacidad en Antioquia	22
2.2.3 Discapacidad en Medellín.....	24
2.3 Tratamientos	27
2.3.1 Rehabilitación	27
2.3.2 Ayudas técnicas	27
2.4 Antropometría.....	34
2.5 Requerimientos de accesibilidad	39
2.5.1 Definición.....	39
2.5.2 Requerimientos arquitectónicos.....	39
3 METODOLOGÍA.....	42
3.1 Recopilación bibliográfica	42
3.2 Diseño de concepto	42
3.3 Modelación de los elementos del dispositivo	46
3.4 Simulación del desempeño del dispositivo.....	46

3.5	Elementos de Diseño de detalle	46
3.6	Redacción de informes	46
4	DESARROLLO DEL PROYECTO	48
4.1	Diseño de concepto	48
4.1.1	Identificación de necesidades	48
4.1.2	Lista de especificaciones	48
4.1.3	Generación del concepto	50
4.1.4	Selección del concepto	64
4.2	Elementos de diseño de detalle	66
4.2.1	Calculo de la estabilidad del dispositivo	66
4.2.2	Cálculo de potencia	68
4.2.3	Dimensiones del dispositivo	70
4.2.4	Simulación del comportamiento mecánico por FEA	75
5	CONCLUSIONES	80
6	RECOMENDACIONES	81
7	BIBLIOGRAFÍA	82
8	ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Discapacidad para el desarrollo de actividades cotidianas por grupos de edades en Colombia	20
Tabla 2	Personas en situación de discapacidad con limitaciones permanentes para caminar	22
Tabla 3	Personas en situación de discapacidad con limitaciones permanentes para su autocuidado	23
Tabla 4	Discapacidad para el desarrollo de actividades cotidianas por grupos de edades en Medellín	25
Tabla 5	Clasificación de ayudas técnicas según la NTC ISO 9999	28
Tabla 6	Propiedades másicas e inerciales de los segmentos del cuerpo	36
Tabla 7	Lista de necesidades	48
Tabla 8	Lista de especificaciones	49
Tabla 9	Soluciones para la función acomodar usuario a la silla	53
Tabla 10	Soluciones para la función asegurar usuario a la silla	53
Tabla 11	Soluciones para la función transformar energía eléctrica de AC a DC	54
Tabla 12	Soluciones para la función almacenar energía	54
Tabla 13	Soluciones para la función transformar voltaje	55
Tabla 14	Soluciones para la función transformar energía eléctrica en mecánica	55
Tabla 15	Soluciones para la función transmitir energía mecánica	56
Tabla 16	Soluciones para la función sedestar o bipedestar	57
Tabla 17	Soluciones para la función trasladar usuario	57
Tabla 18	Soluciones para la función encender dispositivo	57
Tabla 19	Soluciones para la función accionar desplazamiento	58
Tabla 20	Soluciones para la función accionar sedestación o bipedestación	59
Tabla 21	Soluciones para la función parada	59
Tabla 22	Matriz morfológica	60
Tabla 23	Criterios de selección	64
Tabla 24	Matriz de puntuación	65
Tabla 25	Método para hallar centro de masa en posición de sedestación	66
Tabla 26	Centros de masa en posición de sedestación	67
Tabla 27	Potencia del motor para diferentes pendientes de rampa	69
Tabla 28	Potencia para la bipedestación	70

Tabla 29 Medidas antropométricas de un usuario	70
Tabla 30 Materiales de las diferentes piezas de la silla bipedestadora para baño	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Causas de la discapacidad	17
Figura 2 Tipos de discapacidad	18
Figura 3 Discapacidad en el mundo.....	19
Figura 4 Silla manual estándar de acero.	29
Figura 5 Silla manual ligera o semi activa.....	29
Figura 6 Silla manual ultraligera o activa.	30
Figura 7 Silla manual pasiva/postural.	30
Figura 8 Silla pediátrica.	31
Figura 9 Silla manual bipedestación.	31
Figura 10 Sillas deportivas	32
Figura 11 Silla de tiempo libre/ocio.	32
Figura 12 Silla eléctrica estándar interior/exterior.....	33
Figura 13 Silla de ruedas exterior/interior.....	33
Figura 14 Silla eléctrica híbrida	34
Figura 15 Modelo paramétrico de los segmentos del cuerpo respecto a la altura del individuo.....	35
Figura 16 Anchura pélvica	37
Figura 17 Longitud del muslo.....	37
Figura 18 Longitud de la pantorrilla	38
Figura 19 Altura inferior de la escapula	39
Figura 20 Altura del hombro.....	39
Figura 21 Matriz necesidades – medidas	50
Figura 22 Caja negra silla bipedestadora	51
Figura 23 Diagrama de funciones	52
Figura 24 Posición de sedestación.....	66
Figura 25 Modelo 3D de silla bipedestadora en sedestación.....	71
Figura 26 Modelo 3D de silla bipedestadora vista lateral en sedestación.....	72
Figura 27 Modelo 3D de silla bipedestadora en bipedestación.....	73
Figura 28 Modelos 3D de silla bipedestadora vista lateral en bipedestación ..	74
Figura 29 Simulación de silla bipedestadora para baño en sedestación con cargas y restricciones aplicadas para FEA	76
Figura 30 Simulación de esfuerzos de silla bipedestadora por FEA	77
Figura 31 Simulación de desplazamiento de silla bipedestadora por FEA.....	77

Figura 32 Simulación de silla bipedestadora para baño en bipedestación con cargas y restricciones aplicadas para FEA	78
Figura 33 Simulación de esfuerzos de silla bipedestadora en bipedestación por FEA	79
Figura 34 Simulación de desplazamiento de silla bipedestadora en bipedestación por FEA	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Centro de masa en posición de bipedestación.....	84
Anexo 2 Centro de masa en posición de sedestación con brazo extendido.....	84
Anexo 3 Centro de masa en posición de sedestación con brazo extendido y peso de 0,5 kg	85
Anexo 4 Referencias de imágenes de la matriz morfológica.....	86

RESUMEN

Las personas discapacitadas requieren de ayudas técnicas que les brinden autonomía e independencia en la realización de actividades de la vida cotidiana. En este trabajo se realizó el diseño conceptual de una silla bidepedestadora para baño que facilite a dichas personas la realización de su higiene personal de manera más privada. Se usó la metodología de diseño de Ulrich (Ulrich & Eppinger, 2004) para definir cada uno de los componentes, y la validación mecánica del dispositivo se realiza por análisis de elementos finitos. Los resultados permiten presentar un diseño con accesibilidad a un baño con muebles estándar, resistente a corrosión y con capacidad para hacer sedestación/bipedestación.

Palabras clave: Ayudas técnicas, silla bidepedestadora, sedestación/bipedestación

ABSTRACT

People with disabilities require technical assistance that give them autonomy and independence in activities of daily living. In this work was developed the conceptual design of a bath standing chair to facilitate persons with disabilities to perform personal hygiene more privately. They use the Ulrich design methodology for defining each of the components and the mechanical device validation is performed by finite element analysis. The results present an approachable design to standard bathroom, corrosion resistant and able to do sitting/standing.

Key words: Technical assistance, standing chair, sitting/standing.

INTRODUCCIÓN

Las personas en situación de discapacidad tienen grandes dificultades para relacionarse con el entorno familiar, social y laboral, lo cual impacta la vida cotidiana de las personas, limitando sus perspectivas actuales y futuras, bloqueando así su propio desarrollo. Sin embargo, ahora la discapacidad se ve como una condición de la persona, gracias a la conciencia tomada por la sociedad y el estado colombiano acerca de la cantidad de colombianos afectados por esta situación y de su incidencia social, cultural, económica y jurídica, como también sus repercusiones en el desarrollo nacional.

Para la inclusión de dichas personas se han ido rompiendo barreras de diferentes índoles como de transporte, vivienda, trabajo, inclusión social, accesibilidad, entre otras. Por dicha razón en este trabajo se plantea el diseño de una silla bidepedestadora de baño que permite a las personas con discapacidad de miembro inferior a ser independientes y autónomas en la realización de su higiene personal principalmente.

El trabajo inicia con una recopilación bibliográfica que permitió conocer la situación de la discapacidad y la importancia del diseño de este dispositivo, teniendo en cuenta especificaciones tanto arquitectónicas como antropométricas y ergonómicas para así seleccionar correctamente el concepto más adecuado a partir de varias posibles soluciones adquiridas durante el proceso de diseño conceptual.

Para ello se llevaron a cabo las etapas necesarias para el correcto diseño de concepto siguiendo la metodología de Ulrich (Ulrich & Eppinger, 2004) con el fin de cumplir con el objetivo del dispositivo. Se desarrollaron alternativas de solución para las diferentes funciones del dispositivo y se seleccionó el concepto final considerado como el mejor entre los desarrollados durante el trabajo.

Por último se realiza un diseño de detalle del dispositivo donde se especifican materiales, dimensiones y procesos necesarios para el desarrollo del dispositivo, lo cual se evidencia en la modelación de los elementos del dispositivo mediante herramientas CAD y en la simulación mediante análisis de elementos finitos (FEA) para determinar los esfuerzos y desplazamientos del dispositivo.

1 PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La discapacidad en el mundo es un tema que requiere mayor participación de los gobiernos para proporcionar políticas y programas innovadores que mejoren la calidad de vida de las personas con discapacidades y para facilitarles el acceso a los servicios generales como educación y salud, las infraestructuras, el empleo y la información (Gómez Beltrán & González, 2008). Según estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el banco mundial, cerca de 1 000 millones de personas en el mundo presentan alguna discapacidad, de las cuales casi 200 millones poseen dificultades importantes de funcionamiento, lo cual es una cifra alarmante para los gobiernos (Organización Mundial de la Salud; Banco Mundial, 2011).

Particularmente en Colombia la problemática de la discapacidad crece a una tasa muy elevada según los registros estadísticos brindados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE); en el censo realizado en 1 993 para determinar la cantidad de personas en situación de discapacidad, se encontró que 593 618 personas tienen alguna discapacidad, lo cual para ese entonces representaba una tasa del 1.85% de la población, y el censo realizado en el 2 005 muestra una cifra de 2 612 508 personas aproximadamente con algún tipo de discapacidad, es decir, un 6,3% de la población colombiana (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005).

Las personas en situación de discapacidad requieren de ciertas condiciones que les permitan la realización de actividades de la vida cotidiana de una manera más autónoma, independiente y segura, mejorando así su calidad de vida y disminuyendo la posibilidad de generar lesiones y problemas a largo plazo tanto para el paciente como para la persona a cargo (Fors Semana, 2010).

El mercado ofrece actualmente una serie de soluciones para diversos tipos de actividades en las que el paciente tenga algún grado de dificultad tales como sillas de ruedas, caminadores, bipedestadores, entre otras, las cuales le brindan al paciente facilidad de desplazamiento y movilidad, sin embargo tiene limitaciones para ciertas actividades de manera independiente (Tecnum). Por esta razón hace falta, entre muchas otras, soluciones que le brinde al paciente la posibilidad de pasar de su posición de sedestación a su posición de bipedestación de manera autónoma y segura en espacios cerrados y estrechos como un baño, y además le brinde facilidad para realizar ciertas actividades de aseo personal y necesidades fisiológicas de forma independiente su higiene personal, de

tal manera que proporcione al paciente comodidad, bienestar, mayor privacidad y autonomía.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una silla bipedestadora para pacientes con discapacidad de miembro inferior, que les permita la realización de actividades cotidianas dentro de un baño estándar de manera autónoma e independiente.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las variables para el diseño de la silla bipedestadora con base en el estudio de la población usuaria tal como el ACOPLA 95.
- Realizar el diseño conceptual del sistema mecánico del dispositivo con base en la metodología de diseño de concepto.
- Modelar cada uno de los elementos del dispositivo mediante herramientas CAD y el uso de la estática.
- Simular el desempeño del dispositivo, en relación a la bipedestación, mediante el uso de elementos finitos en cuanto al análisis multiphysics y oscilaciones mecánicas.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 GENERALIDADES SOBRE LA DISCAPACIDAD

2.1.1 Definiciones

Según la Organización Mundial de la Salud en su documento Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDDM) de 1980, toma las siguientes definiciones:

Deficiencia: *“Pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica”.*

Discapacidad: *“Restricción o ausencia (debida a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano”.*

Minusvalía: *“Situación desventajosa para un individuo determinado, consecuencia de una deficiencia o de una discapacidad, que limita o impide el desempeño de un rol que es normal en su caso, en función de su edad, sexo, factores sociales y culturales”* (Organización Mundial de la Salud, 1980).

En 2001 la OMS modificó este documento y aprobó una nueva Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF) en la que la discapacidad está definida como un *“término genérico que recoge las deficiencias en las funciones y estructuras corporales, las limitaciones en la capacidad de llevar a cabo actividades y las restricciones en la participación social del ser humano”* (Organización Mundial de la Salud, 1999).

Las discapacidades reflejan las consecuencias de la deficiencia desde el punto de vista del rendimiento funcional y de la actividad del individuo.

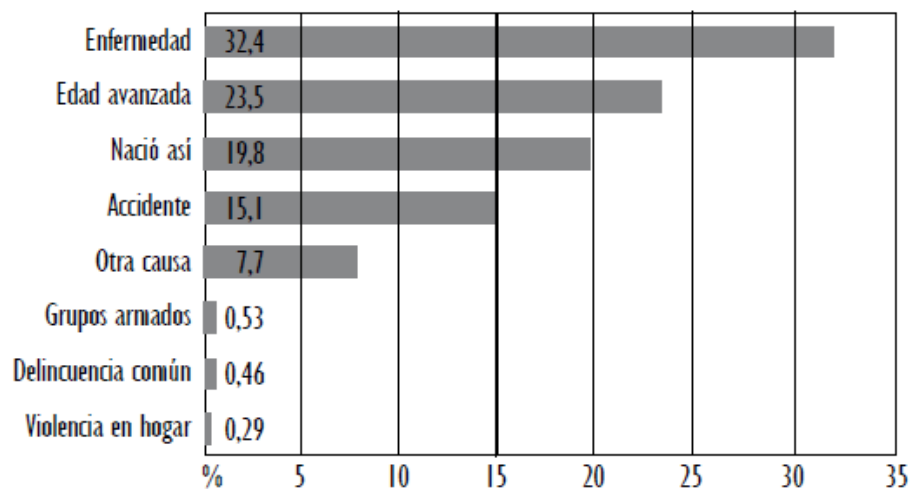
2.1.2 Causas de la discapacidad de miembro inferior

La discapacidad se puede dar ya sea desde el nacimiento, problemas congénitos o puede ser adquirida por enfermedades, lesiones causadas por accidentes de tránsito o laborales, actos de violencia, edad, entre otras. Pero principalmente entre las diferentes condiciones que llevan a las personas al uso de sillas de ruedas están las siguientes:

- Lesiones de medula espinal
- Amputación de piernas
- Parálisis cerebral

- Esclerosis múltiple
- Distrofia muscular
- Artritis
- Osteoporosis

Como se muestra en la Figura 1 el censo general de 2 005 realizado por el DANE, la mayor incidencia es causada por enfermedades adquiridas durante la vida de la persona.



Fuente: DANE – Censo General 2005

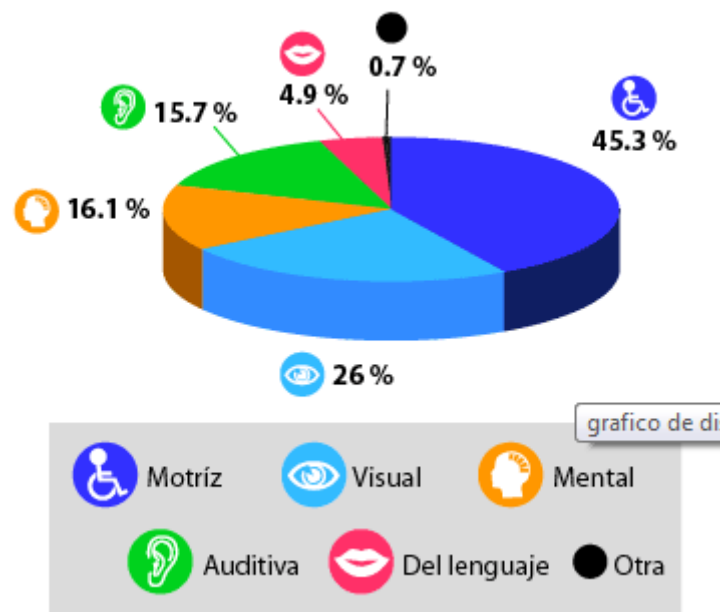
Figura 1 Causas de la discapacidad

2.1.3 Clasificación

Las discapacidades se pueden clasificar según su grado, de la siguiente manera:

- Leve: cuando la capacidad del individuo para desarrollar actividades cotidianas se reduce mínimamente pero no interfiere en su productividad.
- Moderada: cuando la capacidad para desarrollar actividades cotidianas disminuye parcialmente y limita un poco su productividad.
- Grave: la capacidad del individuo para desarrollar actividades se ve muy afectada causándole dependencia y poca productividad.

Otra manera de clasificar la discapacidad de acuerdo a Discapacidad Estimulada, es según su región de afectación, o limitación o dificultad causada, como se muestra en la Figura 2.



Fuente: Discapacidad estimulada. Tomado de (Discapacidad estimulada)

Figura 2 Tipos de discapacidad

Motriz: Se refieren a la pérdida o limitación de una persona para moverse, caminar, mantener algunas posturas de todo el cuerpo o de una parte del mismo. Constituye una alteración de la capacidad de movimiento.

Visual: Incluye la pérdida total de la vista, así como la dificultad para ver con uno o ambos ojos.

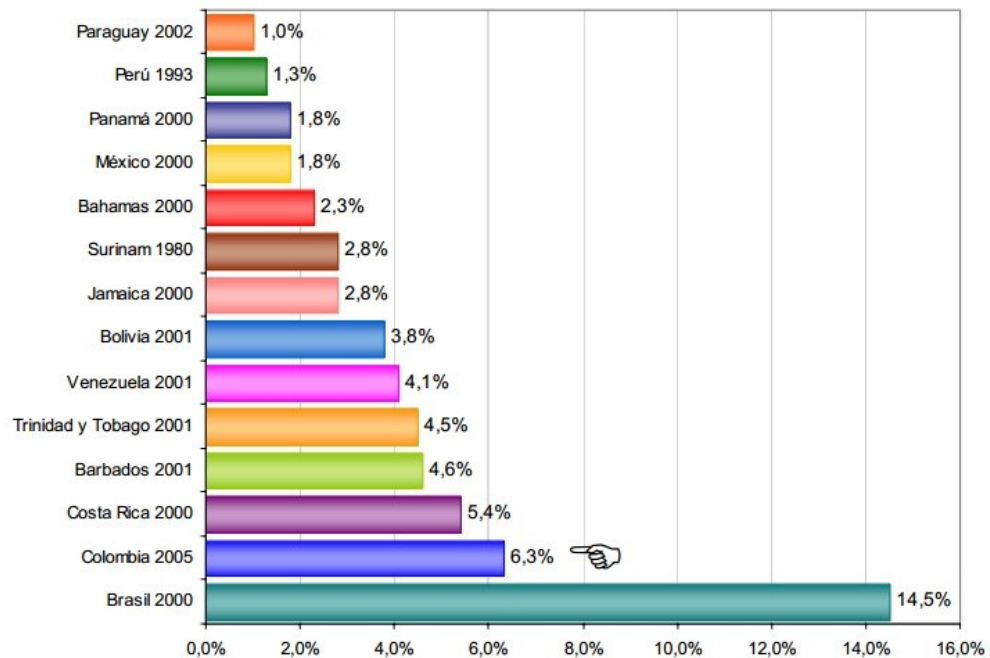
Mental. Abarca las limitaciones para el aprendizaje de nuevas habilidades, alteración de la conciencia y capacidad de las personas para conducirse o comportarse en las actividades de la vida diaria, así como en su relación con otras personas.

Auditiva. Corresponde a la pérdida o limitación de la capacidad para escuchar.

De lenguaje. Limitaciones y problemas para hablar o transmitir un significado entendible. (Discapacidad estimulada).

2.2 LA DISCAPACIDAD EN EL MUNDO

La discapacidad en Colombia toca al país en gran medida como lo demuestra la Figura 3 donde se especifican algunos países con sus porcentajes de discapacidad según el censo realizado en 2 005.



Fuente: DANE – Censo General 2005

Figura 3 Discapacidad en el mundo

2.2.1 Discapacidad en Colombia

Como se menciono anteriormente la discapacidad se puede clasificar según la limitación que se tenga. En la Tabla 1 se muestra la dificultad y la cantidad de personas, según la edad, que poseen dicha limitación en Colombia.

Tabla 1 Discapacidad para el desarrollo de actividades cotidianas por grupos de edades en Colombia

Dificultades para	Total	De 0 a 4 años	De 5 a 9 años	De 10 a 14 años	De 15 a 44 años	De 45 a 59 Años	De 60 años y más	Sin información
TOTAL	2.296.366	56.832	112.005	130.649	598.798	423.943	973.809	330
Pensar, memorizar	315.308	6.857	20.234	25.720	103.193	53.079	106.172	53
Percibir la luz, distinguir objetos o personas a pesar de usar lentes o gafas	267.729	3.661	9.081	12.988	55.330	56.957	129.686	26
Oír, aún con aparatos especiales	115.295	2.039	5.169	7.068	25.844	17.764	57.387	24
Distinguir sabores u olores	23.510	813	1.564	1.711	7.059	3.825	8.534	4
Hablar y comunicarse	165.086	8.018	17.841	19.565	65.405	21.249	32.974	34
Desplazarse en trechos cortos por problemas respiratorios o del corazón	247.429	5.035	6.875	7.701	42.689	52.219	132.890	20
Masticar, tragar, asimilar y transformar los alimentos	99.562	2.705	3.742	4.026	23.782	21.626	43.672	9
Retener o expulsar la orina, tener relaciones sexuales, tener hijos	77.141	1.427	2.802	2.804	17.696	14.112	38.289	11
Caminar, correr, saltar	424.508	9.305	13.925	15.151	97.526	85.370	203.177	54
Mantener piel, uñas y cabellos	43.454	1.240	2.222	2.683	12.969	7.700	16.638	2

Dificultades para	Total	De 0 a 4 años	De 5 a 9 años	De 10 a 14 años	De 15 a 44 años	De 45 a 59 Años	De 60 años y más	Sin información
sanos								
Relacionarse con las demás personas y el entorno	108.319	3.215	8.825	10.937	42.786	16.159	26.368	29
Llevar, mover, utilizar objetos con las manos	146.777	2.965	5.331	5.898	36.823	29.519	66.223	18
Cambiar y mantener las posiciones del cuerpo	134.282	3.320	4.753	5.094	31.533	25.281	64.284	17
Alimentarse, asearse y vestirse por sí mismo	77.342	4.342	6.778	6.051	20.446	8.743	30.961	21
Otra	49.727	1.837	2.798	3.178	15.380	10.163	16.364	7
Ninguna	897	53	65	74	337	177	190	1

Fuente: DANE Marzo 2010 – Dirección de Censo y Demografía

2.2.2 Discapacidad en Antioquia

En Colombia de cada 100 personas que poseen limitaciones, el 29,5 tienen limitaciones permanentes para caminar y moverse, este dato lo refleja el DANE en el censo de 2 005, como se muestra en la **Tabla 2**. Específicamente en Antioquia el 31.4% de la población posee dichas limitaciones.

Tabla 2 Personas en situación de discapacidad con limitaciones permanentes para caminar

Departamento	Porcentaje (%)
Amazonas	28,1
Antioquia	31,4
Arauca	26,5
Archipiélago de San Andrés	29,4
Atlántico	25,9
Bogotá D.C	26,5
Bolívar	27,8
Boyacá	36,7
Caldas	30,9
Caquetá	28,0
Casanare	26,0
Cauca	28,3
Cesar	29,2
Choco	27,4
Córdoba	28,4
Cundinamarca	32,9
Guainía	31,7
Guaviare	36,3
Huila	30,0
La Guajira	26,3
Magdalena	27,9
Meta	30,6
Nariño	31,8
Norte de Santander	28,8
Putumayo	31,2

Departamento	Porcentaje (%)
Quindío	27,2
Risaralda	28,1
Santander	32,6
Sucre	28,7
Tolima	31,4
Valle del Cauca	26,7
Vaupés	36,7
Vichada	64, 1
TOTAL GENERAL	29,5

Fuente: DANE – Censo general 2005

En Colombia el 9,8% de cada 100 colombianos con discapacidad tiene limitaciones permanentes para realizar su autocuidado, cifra reflejada por el DANE en su censo general de 2005, mostrado en la Tabla 3.

Tabla 3 Personas en situación de discapacidad con limitaciones permanentes para su autocuidado

Departamento	Porcentaje (%)
Amazonas	10,3
Antioquia	9,9
Arauca	7,7
Archipiélago de San Andrés	11,6
Atlántico	14,7
Bogotá DC	10,7
Bolívar	12,6
Boyacá	7,8
Caldas	8,6
Caquetá	7,0
Casanare	7,9
Cauca	6,1

Departamento	Porcentaje (%)
Cesar	13,3
Choco	9,4
Córdoba	12,6
Cundinamarca	9,7
Guainía	6,8
Guaviare	13,4
Huila	7,6
La guajira	16,5
Magdalena	13,5
Meta	10,4
Nariño	6,1
Norte de Santander	8,5
Putumayo	5,5
Quindío	7,2
Risaralda	8,3
Santander	9,1
Sucre	12,9
Tolima	8,3
Valle del Cauca	9,4
Vaupés	2,2
Vichada	49,0
TOTAL GENERAL	9,8

Fuente: DANE – Censo general 2005

2.2.3 Discapacidad en Medellín

En la Tabla 4 se especifica la población en Medellín afectada por los diferentes los tipos de discapacidades según la limitación que se tenga, se muestra la dificultad y la cantidad de personas, según la edad, que poseen dicha limitación.

Tabla 4 Discapacidad para el desarrollo de actividades cotidianas por grupos de edades en Medellín

Dificultades para	Total	De 0 a 4 años	De 5 a 9 años	De 10 a 14 años	De 15 a 44 años	De 45 a 59 años	De 60 años y más
TOTAL	44.704	610	2.273	3.649	16.884	9.092	12.196
Pensar, memorizar	8.901	93	489	922	4.027	1.791	1.579
Percibir la luz, distinguir objetos o personas a pesar de usar lentes o gafas	4.153	47	179	317	1.300	859	1.451
Oír, aún con aparatos especiales	2.404	25	122	200	879	467	711
Distinguir sabores u olores	328	5	14	31	121	76	81
Hablar y comunicarse	4.901	93	373	597	2.338	845	655
Desplazarse en trechos cortos por problemas respiratorios o del corazón	2.462	39	113	161	624	486	1.039
Masticar, tragar, asimilar y transformar los alimentos	1.192	27	68	84	395	235	383
Retener o expulsar la orina, tener relaciones sexuales, tener hijos	1.158	13	58	83	377	227	400
Caminar, correr, saltar	7.412	88	262	365	2.401	1.710	2.586
Mantener piel, uñas y cabellos sanos	522	6	33	44	225	80	134
Relacionarse con las demás personas y el entorno	3.002	23	187	334	1.488	570	400
Llevar, mover, utilizar objetos con las manos	3.474	43	122	180	1.156	838	1.135

Dificultades para	Total	De 0 a 4 años	De 5 a 9 años	De 10 a 14 años	De 15 a 44 años	De 45 a 59 años	De 60 años y más
Cambiar y mantener las posiciones del cuerpo	2.362	38	87	124	736	495	882
Alimentarse, asearse y vestirse por sí mismo	1.999	68	148	173	651	313	646
Otra	434	2	18	34	166	100	114

Fuente: DANE Marzo 2010 – Dirección de Censos y Demografía

2.3 TRATAMIENTOS

2.3.1 Rehabilitación

Para mejorar la calidad de vida de las personas en situación de discapacidad existen diferentes métodos y ayudas que permiten que estas personas se restituyan a su antiguo estado brindándoles su funcionalidad social y laboral en la medida de lo posible, facilitándoles el desarrollo de actividades de la vida cotidiana.

Tanto la habilitación como la rehabilitación están orientadas a afianzar las destrezas y habilidades, recuperar o readaptar el funcionamiento de las estructuras corporales lesionadas para así compensar las deficiencias de las personas con discapacidad. Según el Acuerdo 86 de 2009 la habilitación/rehabilitación corresponde a las *“intervenciones específicas para el desarrollo de las capacidades de las personas y sus familias de acuerdo con las consecuencias derivadas de la presencia de deficiencias y discapacidad en su ámbito cotidiano. Dichas intervenciones están orientadas a favorecer las oportunidades y experiencias que les permitan el máximo de autonomía personal en su integración familiar, productiva y social”* (Alcaldía de Medellín, 2009).

La rehabilitación busca fundamentalmente establecer y mantener la autonomía y la independencia de las personas con discapacidad permitiéndoles la participación con el entorno potencializando otras habilidades y destrezas de la persona.

2.3.2 Ayudas técnicas

La norma colombiana NTC ISO 9999 define el termino ayuda técnica como “cualquier producto, instrumento, equipo o sistema técnico utilizado por una persona con limitación, fabricado especialmente o disponible en el mercado, para prevenir, compensar, mitigar o neutralizar la deficiencia, incapacidad o impedimento”. Sin embargo, la cuarta edición de la clasificación ISO 9999 cambia el nombre ayuda técnica por productos asistidos y lo define como “cualquier producto incluyendo dispositivos, equipos, instrumentos, tecnología y software, especialmente producido o generalmente disponible, para prevenir, compensación de, monitorización, remediar o neutralizar una limitación en la actividad y restricciones en la participación.

Las ayudas técnicas se clasifican en ayudas de baja y de alta complejidad. Las de alta complejidad son dispositivos electrónicos, y las de baja complejidad son de uso cotidiano, menos elaboradas y más comunes, pueden ser con accionamiento mecánico o eléctrico. (Universidad del Rosario, 2007).

Según esta norma las ayudas técnicas son clasificadas de acuerdo a un código y a un nombre técnico. Esta clasificación se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 Clasificación de ayudas técnicas según la NTC ISO 9999

Código / Clase	Nombre técnico de la clase
03	Ayudas para terapia y entrenamiento
06	Órtesis y prótesis
09	Ayudas para el cuidado y la protección personal
12	Ayudas para la movilización personal
15	Ayudas para actividades domesticas
18	Mobiliario y adaptaciones para vivienda y otro inmuebles
21	Ayudas para la comunicación, la información y la señalización
24	Ayudas para el manejo de bienes y productos
27	Ayudas y equipos para mejorar el ambiente, maquinaria y herramientas
30	Ayudas para la recreación

Fuente: (Universidad del Rosario, 2007)

SILLAS DE RUEDAS

Las sillas de ruedas se clasifican principalmente en 2 grandes grupos: manuales y eléctricas.

Existen muchos tipos de sillas de ruedas manuales, cada una de ellas esta creada con un propósito especial y para dar solución a una necesidad especifica. Entre ellas encontramos sillas de ruedas como:

Silla manual estándar de acero: son las sillas de ruedas comunes, las más económicas, en su mayoría son plegables. El chasis es en acero, lo cual las hace pesadas. Las ruedas traseras pueden ser grandes o pequeñas dependiendo de quien haga la propulsión de la misma, algunas poseen reposapiés, reposabrazos y respaldo reclinable. Son utilizadas en hospitales, centros de salud, por personas que no requieran de su uso regularmente y que no requieran de su propulsión por demasiado tiempo de forma independiente. (Guia movilidad).



Fuente: (Guia movilidad)

Figura 4 Silla manual estándar de acero.

Silla manual ligera o semi activa: son sillas fabricadas en su mayoría en aluminio, plegables y con ruedas traseras desmontables fácilmente. Son de fácil propulsión, son fácilmente transportables y no requieren mucha fuerza para su propulsión. Son útiles para usuarios autónomos en distancias no muy grandes. (Guia movilidad).



Fuente: (Guia movilidad)

Figura 5 Silla manual ligera o semi activa.

Silla manual ultraligera o activa: son de gama alta, fabricadas con materiales como titanio, fibra de carbono, entre otros, tienen suspensión central y delantera. Son de alto rendimiento, de bajo peso y dimensiones reducidas. Por lo general tienen chasis rígido para aprovechar el impulso, son plegables, poseen ruedas extraíbles, respaldo abatible, no poseen reposabrazos. Son utilizadas por personas activas, que posean buen control del tronco y suficiente equilibrio. (Guia movilidad).



Fuente: (Guia movilidad)

Figura 6 Silla manual ultraligera o activa.

Silla manual pasiva/postural: poseen inclinación del respaldo, el asiento se puede reclinar, reposapiés ajustables y apoya cabeza. Son utilizadas por personas que poseen movilidad reducida o nula y que tienen un control postural eficiente por lo que el peso y tamaño no son de gran importancia. (Guia movilidad).



Fuente: (Guia movilidad)

Figura 7 Silla manual pasiva/postural.

Sillas pediátricas: se puede ajustar parámetros como el ancho mientras el niño crece. Son diseñadas para niños o adolescentes (Guia movilidad).



Fuente: (Guia movilidad)

Figura 8 Silla pediátrica.

Silla manual bipedestación: no son demasiado ligeras por los mecanismos que posee para realizar la bipedestación. Es útil para fines terapéuticos. (Guia movilidad).



Fuente: (Guia movilidad)

Figura 9 Silla manual bipedestación.

Sillas deportivas: son específicas para cada tipo de deporte. En general tienen un centro de gravedad bajo, ruedas inclinadas, sistemas antivuelco, entre otras características que proporcionan estabilidad y seguridad. (Guia movilidad).



Fuente: (Guia movilidad)

Figura 10 Sillas deportivas

Sillas de tiempo libre/ocio: entre estas se encuentran sillas para la playa y el agua, con modelos anfibios (Guia movilidad).



Fuente: (Guia movilidad)

Figura 11 Silla de tiempo libre/ocio.

Las sillas de ruedas eléctricas son específicas dependiendo de donde van a ser utilizadas, cuanta distancia se quiere recorrer, necesidades de transporte y plegado, entre otras. En este grupo de sillas de ruedas encontramos las siguientes:

Silla eléctrica estándar interior/exterior: es la silla de ruedas eléctrica común, de tamaño moderado. Las más comunes son las de tracción trasera, también existen las de tracción delantera y central. Su velocidad varía entre 6 y 12 kph, las baterías tienen capacidad

para funcionar durante todo el día con un uso normal. Pueden tener chasis rígido, plegable, desmontable (Guía movilidad).



Fuente: (Guía movilidad)

Figura 12 Silla eléctrica estándar interior/exterior.

Silla de ruedas exterior/interior: son de mayor tamaño y más pesadas, brindan mayor autonomía, poseen ruedas de mayor tamaño y suspensión. Poseen velocidades de 6 a 12 kph (Guía movilidad).



Fuente: (Guía movilidad)

Figura 13 Silla de ruedas exterior/interior

Silla eléctrica híbrida: se maneja como una silla manual, los aros responden a las acciones, los cuales tienen sensores que detectan la fuerza que se ejerce sobre ellos y activan el motor de la rueda correspondiente, aportan hasta un 75% de la fuerza requerida (Guía movilidad).



Fuente: (Guía movilidad)

Figura 14 Silla eléctrica híbrida

Sillas bipedestadoras: se ponen de pie por medio de actuadores eléctricos (Guía movilidad)

2.4 ANTROPOMETRÍA

La antropometría es el estudio de las dimensiones morfológicas del cuerpo humano para su clasificación y comparación. Se encarga de la medición de las variaciones de las dimensiones físicas y la composición del cuerpo humano en diferentes edades. Su objetivo principal es la determinación de la masa corporal expresada por el peso, las dimensiones lineales como estatura, composición corporal y reservas de tejido adiposo y muscular (Universidad Nacional Autónoma de México, 2004).

El acopla 95 nació con la finalidad de estudiar las medidas antropométricas de la población colombiana para definir dimensiones estándar entre los géneros y las diferentes edades, con el fin de garantizar comodidad y seguridad a los usuarios tanto en puestos de trabajo, espacios públicos, mobiliario y demás. Por esta razón se creó una base de datos antropométricos de la población laboral colombiana, estas tablas permiten adecuar un producto a un usuario según el sexo y la edad (Universidad de Antioquia, Instituto de Seguros Sociales, 1995).

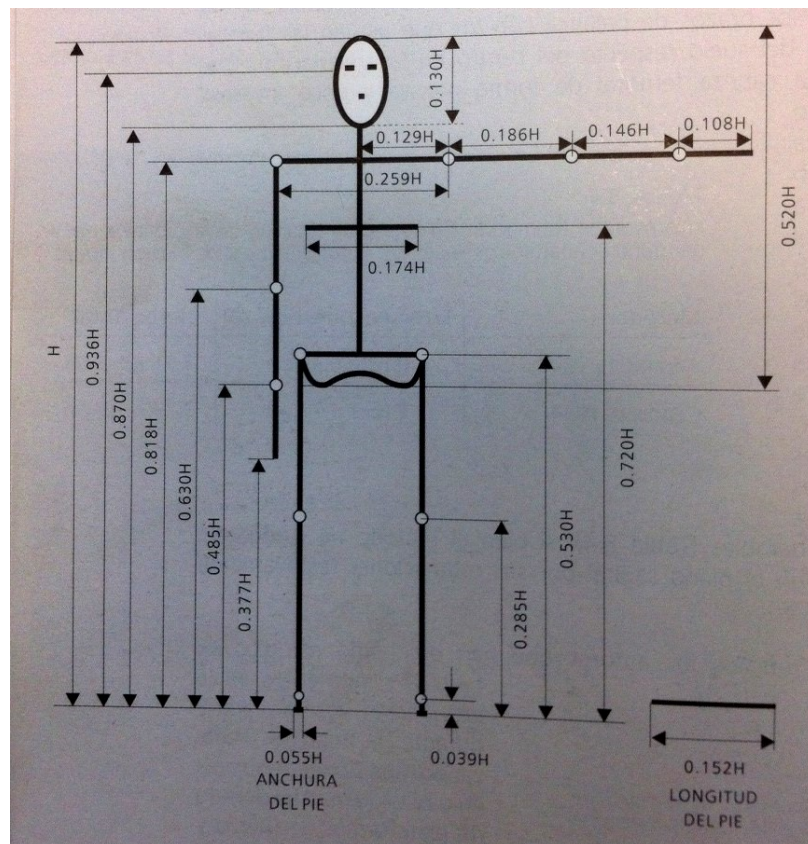
En esta investigación se realizaron 69 mediciones de las dimensiones corporales que se dividen en 9 grupos de medidas:

- Masa corporal (peso)
- Alturas globales y del tronco
- Alturas de las extremidades
- Anchuras de cabeza y tronco

- Anchuras de las extremidades
- Larguras
- Perímetros
- Pliegues cutáneos
- Índices

A partir de este estudio se realizaron las tablas antropométricas encontradas en la siguiente referencia (Universidad de Antioquia, Instituto de Seguros Sociales, 1995).

Para facilitar el estudio de las medidas del cuerpo humano Comín y Dejoz han desarrollado un modelo paramétrico de los segmentos del cuerpo en función de la altura del individuo (Dejoz & Gil, 1998), como se muestra en la Figura 15.



Fuente: *Biomecánica articular y sustituciones protésicas* (Dejoz & Gil, 1998)

Figura 15 **Modelo paramétrico de los segmentos del cuerpo respecto a la altura del individuo.**

También se determinan mediante la Tabla 6 las propiedades másicas e inerciales de los diferentes segmentos del cuerpo. Donde el centro de gravedad expresa el coeficiente

entre la distancia entre la articulación proximal y el centro de gravedad y la longitud del segmento, en función del peso y la altura de la persona (Dejoz & Gil, 1998).

Tabla 6 Propiedades másicas e inerciales de los segmentos del cuerpo

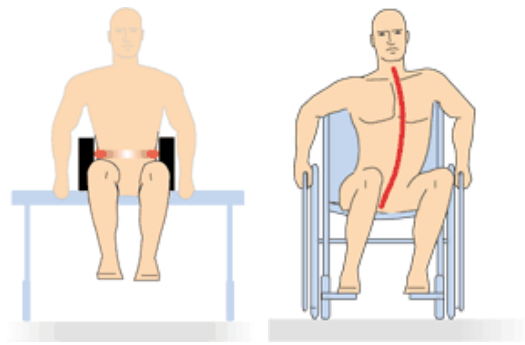
Segmento	Peso/Peso Corporal	% Centro de Gravedad	Radio de Giro/Longitud
Mano	0.006	50.6	0.297
Antebrazo	0.016	43.0	0.303
Brazo	0.028	43.6	0.322
Pie	0.0145	50.0	0.475
Pierna	0.0465	43.4	0.302
Muslo	0.100	43.3	0.323
Cabeza y cuello	0.081		0.495
Tórax	0.216	82.0	
Abdomen	0.139	44.0	
Cintura pélvica	0.142	10.5	

Fuente: Biomecánica articular y sustituciones protésicas (Dejoz & Gil, 1998)

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS PARA EL DESARROLLO DE UNA SILLA DE RUEDAS

Existen ciertos parámetros importantes para el desarrollo de una silla de ruedas para garantizar así la correcta posición del usuario.

Anchura pélvica: corresponde al ancho del asiento. Es el ancho máximo de la cadera, es conveniente medirla con el paciente sentado, como se muestra en la Figura 16. Me determina el acceso a las ruedas, la posición pélvica y la estabilidad del paciente. (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad).



Fuente: (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad)

Figura 16 Anchura pélvica

Longitud del muslo: corresponde a la profundidad del asiento, Figura 17. Esta medida se realiza en ambos muslos para evitar problemas con las medidas. Esta medida me determina la distribución de la presión, la posición pélvica y la estabilidad, y la longitud total de la silla. (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad).



Si es muy corto el peso se distribuye en las tuberosidades isquiáticas y coxis formando posibles escaras.

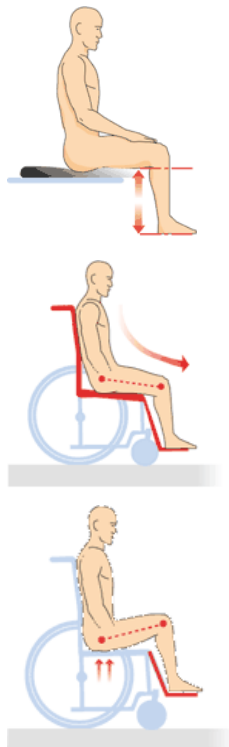
Si es muy largo se producirá roce en la flexión de las rodillas, causando que el paciente se deslice para evitarlo

Fuente: (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad)

Figura 17 Longitud del muslo

Longitud de la pantorrilla: corresponde a la longitud del reposapiés, es la longitud entre la flexura de la rodilla hasta el apoyo del talón en flexión, esta medida se especifica en la

Figura 18. (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad).



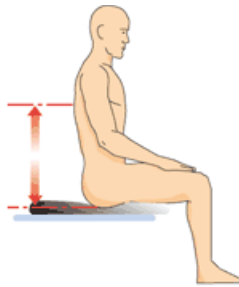
Si son muy cortos no se apoyan los muslos por lo que el peso se distribuye en las tuberosidades isquiáticas y en el coxis provocando la formación de escaras

Si son muy largos se produce una retroversión pélvica

Fuente: (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad)

Figura 18 Longitud de la pantorrilla

Altura inferior de la escapula: en la Figura 19 se muestra la altura inferior de la escapula, esta corresponde a la altura del respaldo para pacientes con control de tronco. Esta altura debe quedar 2.5 cm por debajo de la escapula. Para esta medida se deben tener en cuenta las posibles presiones, la necesidad de soportes laterales y la estabilidad y soporte del tronco. (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad).



Fuente: (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad)

Figura 19 Altura inferior de la escapula

Altura del hombro: corresponde a la altura del respaldo para pacientes con poco control del tronco como se muestra en la Figura 20. De esta medida dependen la estabilidad escapular y de movilidad, el soporte torácico y lumbar, el control de la cabeza. (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad).



Fuente: (Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad)

Figura 20 Altura del hombro

2.5 REQUERIMIENTOS DE ACCESIBILIDAD

2.5.1 Definición

“Condición en la cual la disposición de los elementos y espacios, están al alcance y permite su utilización por parte de los individuos, incluidos los discapacitados, en forma segura, cómoda y eficiente” (Universidad Nacional de Colombia, 2000).

2.5.2 Requerimientos arquitectónicos

Para la eliminación de barreras de accesibilidad se establecen medidas en la Ley 361 de 1997 que aseguran el acceso de las personas con discapacidad al entorno físico, al

transporte, la información y la comunicación con igualdad de condiciones tanto en las zonas urbanas como rurales (Alcaldía de Medellín, 2009).

PASILLOS DE CIRCULACIÓN

La dimensión mínima es de 1.80 m manteniendo este mismo ancho para giros en ángulos de 90° o mayores. Se deben evitar elementos que obstaculicen la circulación y debe tener una altura libre de 2,05 m (Universidad Nacional de Colombia, 2000).

RAMPAS

Las pendientes de las rampas se determinan dependiendo de la extensión de la misma, es decir, si la rampa tiene una extensión de 10 a 15 m la pendiente máxima será del 6%, si la rampa tiene una extensión de 3 a 10 m la pendiente máxima será del 8%, si la extensión es de 1,5 a 3 m la pendiente será máximo del 10% y si la rampa es de 1 a 1,5 m la pendiente máxima será de 12%. El ancho mínimo de las rampas será de 0,90 m.

Los descansos estarán ubicados entre tramos donde exista la posibilidad de giro y frente a los accesos, deben tener una dimensión mínima de 1.20 m libres. Si la posibilidad de giro es de 90° el descanso debe tener un ancho mínimo de 1 m, si el giro es mayor a 90° el descanso deberá tener un ancho mínimo de 1.20 m. Si alguna puerta de acceso abre hacia el descanso el ancho mínimo de este se debe incrementar de acuerdo al barrido de esta.

Al comenzar y finalizar las rampas debe haber un espacio que permita inscribir un círculo de 1.20 m de diámetro como mínimo.

Si hay un cambio de dirección en la rampa esta debe tener como mínimo un ancho de 1.20 m, la pendiente máxima es del 8% con un radio mínimo de 3 m, los descansos deben tener un largo mínimo de 1.20 m. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, 2004).

ESCALERAS

Las escaleras en el interior de las viviendas deben tener un ancho mínimo de 90 cm y las escaleras de uso público un ancho mínimo de 1.20 m.

Las contrahuellas de las escaleras deben tener una altura entre 15 y 18 cm y las huellas deben ser de mínimo 28 cm.

Si las escaleras son sin descanso deben tener como máximo 18 escalones. Los descansos deben tener el ancho y la profundidad mínima igual al ancho de la escalera, sin embargo, lo recomendable es que tengan 1.50 m de largo como mínimo.

Las huellas deben tener los bordes redondeados, el ángulo entre la huella y la contrahuella debe ser de 90°, los pisos deben ser antideslizantes, sin relieves y con las puntas diferenciadas visualmente (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, 2004).

BAÑOS

El tamaño de los baños que cuentan con lavamanos y sanitarios debe tener un área de 2.20 m de ancho por 1.80 m de largo, la puerta debe abrir hacia afuera mayor o igual a 90 cm. Debe contar con barras de apoyo y se debe evitar que las tomas eléctricas estén cerca de las zonas húmedas.

Los lavamanos deben estar ubicados a una altura de 80 cm del piso, el espacio inferior debe quedar libre. Para los niños el lavamanos debe estar ubicado a 60 o 65 cm del piso. Las griferías deben ser de fácil accionamiento y los accesorios deben estar ubicados en un radio de acción de 60 cm del lavamanos.

El sanitario debe estar ubicado a 40 o 45 cm del piso, debe tener apoyos que permitan la transferencia del usuario desde la silla de ruedas. El mecanismo de desagüe debe ser accionable con palanca de mano, pero también dar la posibilidad de ser accionado por el codo. Los accesorios deben estar ubicados en un radio de acción de 60 cm del sanitario y a una altura entre 70 y 90 cm del piso.

Las dimensiones mínimas de la ducha deben ser 1 m x 1 m. la grifería debe estar ubicada a una altura entre 50 y 60 cm y la ducha fija a una altura de 1.90 m con cuerda flexible de 1.30 m de longitud, la jabonera debe estar ubicada a una altura de 80 o 90 cm. Los pisos deben ser antideslizantes. (Universidad Nacional de Colombia, 2000).

3 METODOLOGÍA

3.1 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Primero se realiza un proceso de consulta donde se recopila toda la información necesaria sobre la discapacidad y la importancia de la postura y la bipedestación, y se determinan las variables necesarias para el diseño del dispositivo. Esta información se obtendrá a partir de bases de datos en revistas técnicas, literatura en rehabilitación y catálogos comerciales.

3.2 DISEÑO DE CONCEPTO

En esta etapa se realiza todo el diseño de concepto para el desarrollo del dispositivo. El proceso consta de una serie de etapas seguidas de acuerdo con la metodología propuesta por el libro *Diseño Y Desarrollo De Productos* (Ulrich & Eppinger, 2004), que constituye la identificación de necesidades, lista de especificaciones, generación del concepto y selección de concepto. El producto final será un diseño preliminar que debe ser calculado y validado posteriormente.

IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES

Consiste en definir los requisitos y atributos del cliente que debe cumplir el dispositivo, se definen las condiciones que debe tener el producto para cumplir con la función determinada. Se identifican las necesidades del cliente, es decir, lo que el cliente desea del producto.

Este proceso consta de 4 etapas:

1. Recopilar datos sin procesar: involucra el contacto con los clientes, para ello se deben identificar los clientes potenciales. Esta recopilación de datos se puede realizar por medio de 3 métodos: entrevistas, grupos de enfoque y observar el producto en uso. En el método de la entrevista se analizan las necesidades de un solo cliente, en el grupo de enfoque se toma un grupo de 8 a 12 clientes y un moderador dirige la entrevista grupal, la cual es grabada para extraer la información, y en la observación del producto se recoge la información mediante la observación directa del cliente utilizando el producto.

2. Interpretar datos sin procesar: las necesidades deben ser expresadas en términos de lo que el producto tiene que hacer, no de lo que debería hacer, se deben expresar detalladamente, deben ser enunciados positivos y ser atributos del producto.
3. Organizar necesidades: para organizar las necesidades en una lista jerarquizada primero se escriben las necesidades en tarjetas independientes, luego se eliminan los enunciados redundantes, se agrupan las tarjetas de acuerdo a similitudes y para cada grupo se elige una etiqueta, por último se revisan y organizan las etiquetas resultantes.
4. Importancia de necesidades: se revisa la lista jerarquizada y se corrobora si su orden es el adecuado.

LISTA DE ESPECIFICACIONES

Las especificaciones explican con detalle lo que el producto tiene que hacer, son las variables de diseño clave del producto. Están conformadas por una medida y un valor (número, escala o desigualdad). Luego de la lista de necesidades se establecen las especificaciones objetivo que representan lo que quiere el grupo de diseño.

El proceso para determinar las especificaciones objetivo está compuesto por cuatro pasos:

1. Lista de medidas: para establecer las medidas se toma cada necesidad y se determina cual característica medible satisface dicha necesidad. Después de establecidas las medidas se realiza una matriz necesidades-medidas que representa la relación de necesidades y medidas.
2. Información de la competencia: se conoce la información de productos similares en el mercado, esta información se organiza como necesidades.
3. Establecer valores: se entregan valores a las medidas para guiar el proceso de diseño conceptual.
4. Confrontación con el equipo de diseño

Finalmente se determinan las especificaciones finales valorando las restricciones de tecnología y los costos de producción.

GENERACIÓN DEL CONCEPTO

Mediante esta etapa se obtiene una descripción aproximada de los principios de funcionamiento, de la forma y de la tecnología del producto. Al mismo tiempo se

determina si el producto va a satisfacer las necesidades del cliente. Al finalizar esta etapa se obtienen posibles conceptos solución de los cuales se llegara a la selección final. La generación de concepto se realiza por medio de un método que consta de 5 etapas:

1. **Aclarar el problema:** se desarrolla un alcance general del problema a partir de los estudios realizados anteriormente, de ser necesario el problema se descompone en subproblemas para que su análisis sea más sencillo. Esta desarticulación del problema inicialmente se representa como una caja negra que contiene los elementos de materia, energía y señal, luego la caja negra se divide en funciones y subfunciones para lograr una descripción mas específica de lo que hace el producto. Para la creación de las funciones se debe seguir una secuencia de acciones para lograr el funcionamiento correcto del producto y el cumplimiento de las necesidades del cliente, se determinan las operaciones que se requieren.
2. **Búsqueda externa:** se identifican soluciones potenciales para cada una de las funciones. Este proceso se puede realizar mediante diversos métodos tales como entrevistas con usuarios líderes, búsqueda de patentes, consulta con expertos, literatura especializada, estudio de productos existentes.
3. **Búsqueda interna:** la búsqueda de soluciones se realiza partiendo del conocimiento y la creatividad del grupo de trabajo. Este proceso se puede realizar por medio de métodos como analogías, usar estímulos relacionados y no relacionados, establecer objetivos cuantitativos y usar métodos de galería.
4. **Explorar de manera sistemática:** se realiza un procesamiento sistemático de la información recopilada, de esta manera se puede organizar por especialidades lo cual facilita su revisión. Para ello se clasifican según criterios, se realizan tablas comparativas, esquemas de clasificación, o árbol de concepto. Luego para cada conjunto de soluciones se realiza un registro de las diferentes alternativas de solución, en este registro se especifican las propiedades, elementos relevantes, ventajas y desventajas de cada alternativa. Para finalizar el proceso de búsqueda de soluciones se construye una matriz morfológica donde se combinan los conceptos solución para así llegar a la generación del concepto, se generan rutas que unan diferentes soluciones y por último se identifican cada una de las soluciones (estructura de trabajo o concepto solución) para su posterior evaluación.

5. Reflejo de resultados y proceso: se realiza un análisis del proceso para corregir errores, recuperar información o construir nuevas alternativas.

SELECCIÓN DEL CONCEPTO

En este proceso se selecciona el concepto de trabajo por medio de un conjunto de tareas realizadas por diversos métodos. Esta selección se realiza por medio de descarte o por unión de diferentes alternativas para la creación de una nueva.

En el método de visualización de concepto solución se hace una primera aproximación del concepto solución, se califican los conceptos y se eliminan los menos convenientes y se unen diferentes soluciones para generar una nueva alternativa. Este método se realiza por medio de los siguientes 5 pasos:

1. Preparar matriz: se desarrolla una matriz donde se ingresan los conceptos y criterios, se construye una nueva lista de parámetros o criterios de evaluación que se usan para calificar los conceptos.
2. Calificar conceptos: se cruzan los conceptos solución con los criterios de evaluación para la calificación. En la matriz se usan marcadores (+, -, 0) para poder eliminar conceptos que no son adecuados, determinar cuales se pueden combinar y cuales pueden seguir en el proceso.
3. Ordenar conceptos: después de calificar todos los conceptos se suman todas las puntuaciones para que se establezcan diferencias numéricas entre los conceptos, luego se jerarquizan para determinar cuáles son los mejores conceptos, cuales se pueden combinar y cuales eliminar.
4. Combinar y mejorar conceptos: se mezclan los conceptos para generar nuevos conceptos solución el cual es sometido al mismo proceso de evaluación.
5. Seleccionar concepto

El método de puntuación de conceptos permite conocer la mejor alternativa de concepto solución extraída de la matriz morfológica. Generalmente es utilizado luego de realizar el análisis mediante el método de visualización de concepto. La metodología para la puntuación de concepto sigue un proceso de 5 pasos:

1. Preparar matriz: se desarrolla una matriz donde se ingresan los conceptos y criterios, se construye una nueva lista de parámetros o criterios de evaluación que se usan para calificar los conceptos.

2. Calificar conceptos: se cruzan los conceptos solución con los criterios de evaluación para la calificación. Se asigna un peso (porcentaje) a cada criterio y se le da un valor de importancia por ejemplo de 1 a 5.
3. Ordenar conceptos: después de calificar todos los conceptos, las puntuaciones ponderadas se calculan multiplicando el peso dado a cada criterio por su calificación. Por último se suman las puntuaciones ponderadas para que se establezcan diferencias numéricas entre los conceptos, y luego se jerarquizan para determinar cuáles son los mejores conceptos, cuales se pueden combinar y cuales eliminar.
4. Combinar y mejorar conceptos: se mezclan los conceptos para generar nuevos conceptos solución el cual es sometido al mismo proceso de evaluación.
5. Seleccionar concepto

3.3 MODELACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO

Se modelan cada uno de los elementos del dispositivo en herramientas CAD y se hace el cálculo de las reacciones y restricciones por medio de diagramas de cuerpo libre para obtener las fuerzas y momentos que actúan sobre el dispositivo.

3.4 SIMULACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL DISPOSITIVO

Se simula el desempeño del dispositivo por medio del uso de elementos finitos con el fin de determinar si los esfuerzos y desplazamientos de cada uno de los componentes del dispositivo cumplen con los requerimientos definidos en la lista de especificaciones, de no ser así se debe volver a la etapa de modelación de los elementos del dispositivo.

3.5 ELEMENTOS DE DISEÑO DE DETALLE

En esta etapa se establecen las dimensiones definitivas y los materiales que deberán llevarse a cabo para el diseño del dispositivo.

3.6 REDACCIÓN DE INFORMES

Se elabora el manuscrito que contiene toda la información acerca de las especificaciones y diseño del dispositivo. Sin embargo, también se presenta un informe parcial

correspondiente a la semana 8 para revisar el avance del Trabajo de Grado, el cual será calificado por el Director de Trabajo de Grado.

4 DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 DISEÑO DE CONCEPTO

En esta etapa de diseño de concepto se seguirá la metodología planteada en el libro *Diseño y Desarrollo de Productos* (Ulrich & Eppinger, 2004).

4.1.1 Identificación de necesidades

Luego de realizada la recopilación bibliográfica y de analizar la información obtenida se planteó la lista de necesidades mostrada en la Tabla 7 con su respectiva importancia (en un rango entre 1 y 5, siendo 5 el valor máximo).

Tabla 7 Lista de necesidades

Núm.	Necesidad	Imp.
1	Materiales que no se deterioren en el entorno de uso	5
2	De fácil mantenimiento	3
3	Para piso húmedo y seco	5
4	Aislamiento de los componentes	5
5	Estabilidad	5
6	Rigidez	5
7	De buena apariencia	3
8	Produce poco ruido	3
9	De fácil adaptación al paciente	4
10	Traspase obstáculos pequeños	4
11	Rotación de 360° sobre un eje	4
12	Para piso duro, superficie estable	5
13	Segura	5
14	Elevación de 60° desde la posición de sedestación a bipedestación	5

4.1.2 Lista de especificaciones

Después de elaborada la lista de necesidades se procedió a analizarla para obtener así las características del producto y determinar lo que debe hacer, cada una de ellas está plasmada en la lista de especificaciones, donde se incluye la necesidad con la cual se relaciona, su importancia (rango de 1 a 5, siendo 5 el valor máximo), las unidades de

medida y los valores estimados para cada una de ellas, Tabla 8, sin embargo, son ideas para la generación de concepto y se encuentra de manera puntual en el diseño de detalle.

Tabla 8Lista de especificaciones

Núm.	Núm. de Necesidad	Medida	Imp.	Unidades	Valor estimado
1	1, 2	Materiales que no se deterioren en el entorno de uso	5	Si / No	Si
2	3, 13, 14	Antideslizante	5	Si / No	Si
3	2, 4, 14	Aislamiento de los componentes	5	Si / No	Si
4	6	Peso del usuario	5	Kg	<110
5	6	Altura del usuario	5	m	<1,90
6	6,	Peso del dispositivo	3	Kg	250
7	6,	Ancho del dispositivo	4	Cm	<85
8	6	Altura del dispositivo en bipedestación	4	m	<1,90
9	6, 7, 14	Rigidez	5	N/mm	>100
10	12	Rotación sobre su eje	5	grados	360
11	15	Elevación del sistema de bipedestación	5	grados	60
12	8	Apariencia	2	Subjetiva	
13	10	Tiempo de ajuste al usuario	3	min	<2
14	2	Herramientas y repuestos comerciales para su mantenimiento	4	Si / No	Si
15	9	Nivel de ruido producido	2	db	<20
16	11	Altura máxima de los obstáculos	5	cm	10

Partiendo de la Tabla 7 y Tabla 8 se realiza la matriz de necesidades–medidas donde se relacionan las necesidades con las especificaciones lo cual nos permite ver y determinar las características con las que debe cumplir el diseño. Al relacionarse directamente con el problema permite definir la estructura de la caja negra.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Materiales que no se deterioran en el entorno de uso	Antideslizante	Aislamiento de componentes	Peso del usuario	Altura del usuario	Peso del dispositivo	Ancho del dispositivo	Altura del dispositivo en bipedestación	Rigidez	Rotación sobre un eje	Elevación del sistema en bipedestación	Apariencia	Tiempo de ajuste al usuario	Herramientas y repuestos comerciales para su mantenimiento	Nivel de ruido producido	Altura máxima de los obstáculos
1	Materiales que no se deterioren en el entorno de uso															
2	De fácil mantenimiento															
3	Para piso húmedo y seco															
4	Aislamiento de los componentes															
5	Estabilidad															
6	Rigidez															
7	De buena apariencia															
8	Produce poco ruido															
9	De fácil adaptación al paciente															
10	Traspase obstáculos pequeños															
11	Rotación de 360° sobre un eje															
12	Para piso duro, superficie estable															
13	Segura															
14	Elevación de 60° desde la posición de sedestación a bipedestación															

Figura 21 Matriz necesidades – medidas

4.1.3 Generación del concepto

La generación de concepto parte de la lista de necesidades y especificaciones, y brinda un conjunto de conceptos a partir del cual se realiza la selección final.

Lo primero que se debe realizar para la generación del concepto es descomponer el problema en subproblemas. Para desarticular el problema se representa primero en una caja negra como se muestra en la Figura 22, esta es una representación general donde solo intervienen la materia, la energía y los flujos de señal.

Luego se divide la caja negra en subfunciones para generar una descripción mas específica y detallada del producto, este diagrama de funciones se muestra en la Figura 23 y contiene las subfunciones de la materia, la energía y los flujos de señales. (Ulrich & Eppinger, 2004).

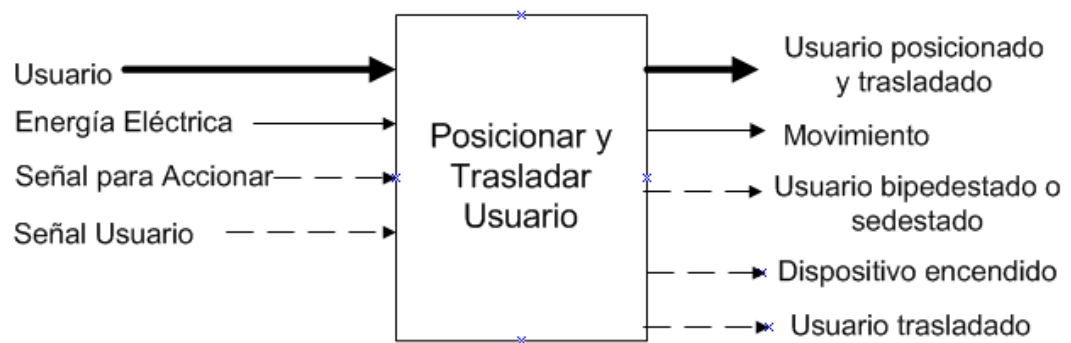


Figura 22 Caja negra silla bidepedestadora

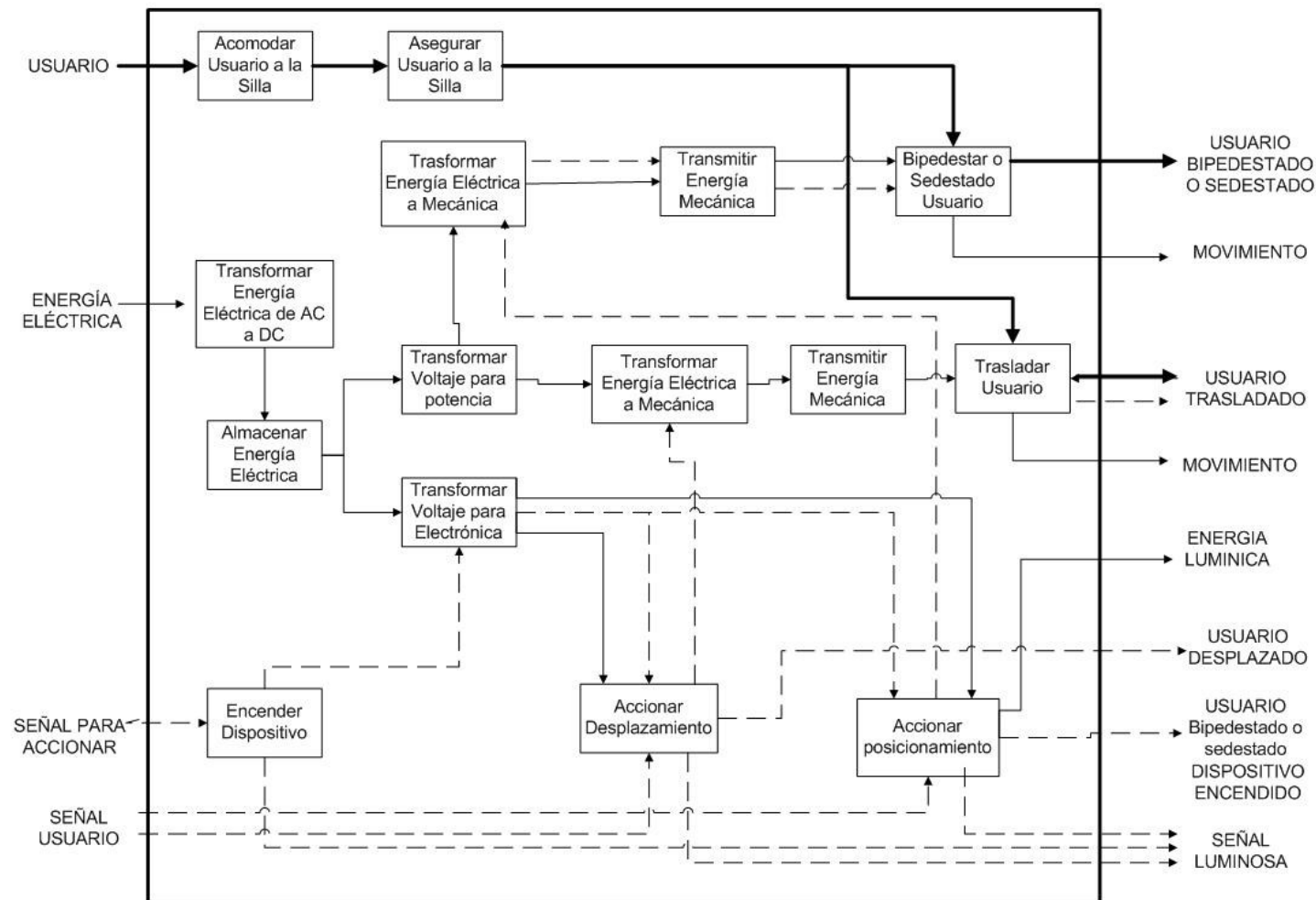


Figura 23 Diagrama de funciones



ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Partiendo del diagrama del anterior, Figura 23, cada función y subfunción definida tiene diferentes alternativas de solución para lograr que la silla bipedestadora para baño cumpla todas sus funciones correctamente. Se tuvieron en cuenta sistemas y mecanismos conocidos para generar las diferentes alternativas de solución y así seleccionar los conceptos de la mejor manera.

A continuación se describe cada función con sus posibles soluciones.


1. Acomodar usuario a la silla: el usuario se ubica en la silla bipedestadora.


Tabla 9 Soluciones para la función acomodar usuario a la silla

Solución	Explicación
	Silla de ruedas: silla adaptada como ayuda técnica para el desplazamiento de personas con movilidad reducida causada por alguna discapacidad.
	Bipedestador: ayuda técnica que permite al usuario a realizar la bipedestación cuando su función motriz no le brinda la facilidad para sostenerse de pie.

2. Asegurar usuario a la silla: se ajustan los miembros del cuerpo en la silla bipedestadora para brindar seguridad durante su funcionamiento.

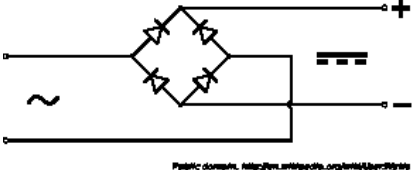
Tabla 10 Soluciones para la función asegurar usuario a la silla

Solución	Descripción
	Velcro: es una cinta adhesiva que está compuesta por dos caras, una posee ganchos y la otra está dotada por lazos. Al unirse genera una fijación difícil de separar.

Solución	Descripción
	Correa con nudo: permite el aseguramiento del paciente al ajustar alrededor del miembro.



3. Transformar energía eléctrica de AC a DC: la corriente del tomacorriente es transformada en corriente continua para poder ajustarla a las características de los elementos del dispositivo.


Tabla 11 Soluciones para la función transformar energía eléctrica de AC a DC

Solución	Descripción
	Puente rectificador: es un componente electrónico que permite la conversión de corriente alterna en continua al rectificar la onda completa permitiendo el paso de la parte positiva y negativa de la señal. Está formado por cuatro diodos y junto a un diodo zener y un condensador hacen que se estabilice la señal.

4. Almacenar energía: se almacena la energía para así poder utilizar el dispositivo sin estar conectado al tomacorriente

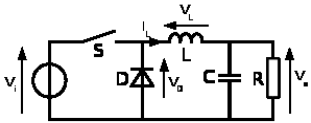
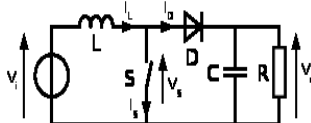
Tabla 12 Soluciones para la función almacenar energía

Solución	Descripción
	Batería de plomo: está formada por electrodos de plomo con un deposito de acido de sulfato. El voltaje que da puede ser de 6, 12, 24 voltios. Son las más comunes y se utilizan para motores de arranque por su capacidad de corriente.
	Batería de ion litio: son baterías que utilizan un ánodo de grafito y un cátodo de oxido de cobalto, trifilina o oxido de manganeso. No admiten descargas ni cambios de temperatura.

Solución	Descripción
	Batería de polímero de litio: son una variación de las baterías de ion litio. Son de tamaño y peso reducido.

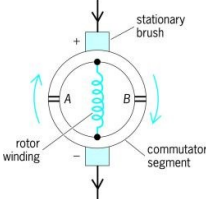
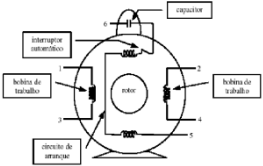
5. Transformar voltaje: el voltaje es transformado para adaptarlo a los componentes electrónicos y mecánicos

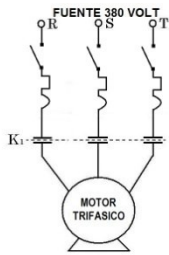
Tabla 13 Soluciones para la función transformar voltaje

Solución	Descripción
	Convertidor buck: es un convertidor de potencia que disminuye el voltaje a la salida con respecto a su entrada.
	Convertidor boost: es un convertidor de potencia que aumenta el voltaje a la salida, sin embargo, la corriente en la salida es menor que en la entrada. Es un convertidor DC a DC.

6. Transformar energía eléctrica en mecánica: la energía eléctrica almacenada en la batería es transformada a energía mecánica para realizar el movimiento que permite la sedestación y bipedestación del dispositivo.

Tabla 14 Soluciones para la función transformar energía eléctrica en mecánica

Solución	Descripción
	Motor DC: convierte la energía eléctrica continua en mecánica provocando rotación. Está compuesto por un estator que da soporte mecánico y un rotor.
	Motor monofásico: funciona con corriente continua o alterna. Poseen un solo devanado en el estator y puede ser alimentado entre una fase y el neutro o entre dos fases.

Solución	Descripción
	<p>Motor trifásico: motor de corriente alterna que transforma la energía eléctrica en mecánica por medio de campos electromagnéticos. Funciona con tres fases que están desfasadas la una de la otra en 120°, al pasar la corriente alterna a través de las tres fases se originan campos magnéticos que generan movimiento del rotor.</p>




7. Transmitir energía mecánica: se reduce la velocidad y se amplifica la potencia para generar un mayor torque para el movimiento.

Tabla 15 Soluciones para la función transmitir energía mecánica

Solución	Descripción
	<p>Tornillo sin fin: transforma movimiento rotacional en traslacional incrementando la fuerza en el eje longitudinal. Reduce en grandes proporciones la velocidad.</p>
	<p>Actuador eléctrico: proporciona fuerza adquirida por medio de energía eléctrica a un sistema para producir el movimiento de algún dispositivo mecánico. Pueden genera movimiento lineal o rotatorio. Proporcionan mayor exactitud y repetitividad en el movimiento.</p>
	<p>Tren de engranaje: transmite potencia de un componente a otro. Por lo general transmiten movimiento giratorio, disminuye la velocidad angular.</p>



8. Sedestar o bipedestar usuario: sistema para realiza la sedestación o la bipedestación del dispositivo permitiendo el posicionamiento del usuario.

Tabla 16 Soluciones para la función sedestar o bipedestar

Solución	Descripción
	Sistema de elevación tipo tijera: mecanismo que permite la elevación de algún dispositivo. Está formado por brazos articulados y un sistema hidráulico que permite la elevación o el descenso de la plataforma.
	Gato mecánico: mecanismo de elevación que sirve para levantar o bajar algún dispositivo. Está conformado por un tornillo y una manivela para su accionamiento.
	Mecanismo de barras: mecanismo formado por barras las cuales están articuladas por medio de pivotes para transmitir el movimiento y la fuerza.

9. Trasladar usuario: sistema por medio del cual el usuario se traslada de un lugar a otro dentro de su casa, principalmente dentro del baño.



Tabla 17 Soluciones para la función trasladar usuario

Solución	Descripción
	Rueda neumática: es una pieza de caucho que permite un correcto contacto con el pavimento haciendo posible el frenado y el arranque.
	Ruedas tipo oruga: sistema de transporte conformado por eslabones o por una banda continua de caucho que brindan seguridad para el desplazamiento en terrenos inestables. Los eslabones están conectados formando un cinturón flexible, lo cual permite la distribución del peso en todo el sistema.

10. Encender dispositivo: mecanismo de encendido del dispositivo.




Tabla 18 Soluciones para la función encender dispositivo

Solución	Descripción
----------	-------------

Solución	Descripción
	Interruptor actuante: bloquea o permite el paso de la corriente eléctrica. Posee dos contactos que se unen para permitir el paso de la corriente, en tal caso el interruptor se encuentra en estado abierto.
	Interruptor pulsador: bloquea o permite el paso de la corriente eléctrica mediante un botón que se presiona para generar el cambio en los contactos.



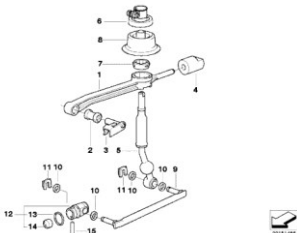
11. Accionar desplazamiento: mecanismo mediante el cual se acciona el traslado o desplazamiento del usuario.

Tabla 19 Soluciones para la función accionar desplazamiento

Solución	Descripción
	Joystick: dispositivo de control que se adapta al manejo mediante una mano y permite controlar el movimiento de un objeto. Los digitales permiten el estado de encendido/apagado por medio de pulsadores, los analógicos poseen potenciómetros para determinar las posiciones.
	Trackball: dispositivo que se utiliza para direccionar una acción específica. Posee una esfera en la parte superior que gira mediante el desplazamiento de los dedos o la palma de la mano del usuario, esta genera impulsos producidos por su movimiento.
	Botones de desplazamiento: botones que tienen asignados diferentes funciones de desplazamiento como adelante, atrás y a los lados, los cuales actúan como interruptores eléctricos que envían instrucciones al dispositivo.



12. Accionar sedestación o bipedestación: mecanismo por el cual el usuario se posiciona en sedestación o bipedestación.


Tabla 20 Soluciones para la función accionar sedestación o bipedestación

Solución	Descripción
	Pulsadores: dispositivo que permite activar alguna acción mediante el paso o la interrupción de la corriente. Están formados por el pulsador, y en la parte interna dos contactos que determinan en qué posición se encuentra el pulsador.
	Manivela: dispositivo que permite la transformación de un movimiento circular a uno rectilíneo o de traslación. Uno de sus extremos está libre para ser accionado, el otro se encuentra fijado a un eje para así generar el movimiento.
	Palanca: dispositivo que permite accionar diferentes mecanismos.

13. Parada: mecanismo de seguridad del dispositivo que acciona la parada o stop en el momento requerido por el usuario.





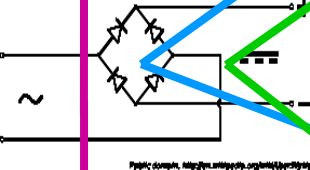



Tabla 21 Soluciones para la función parada

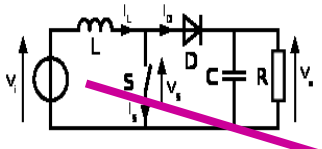
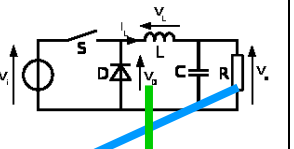
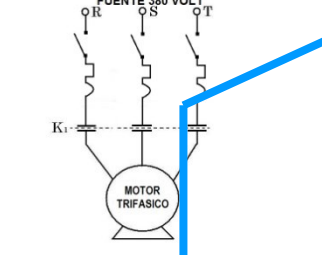
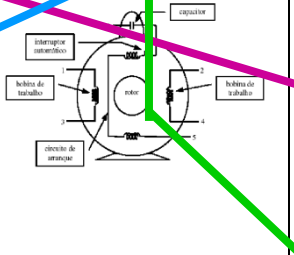
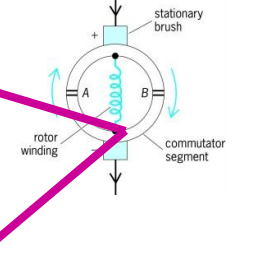

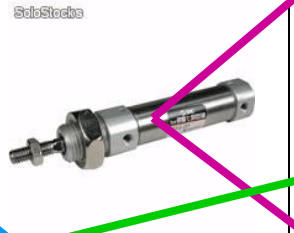
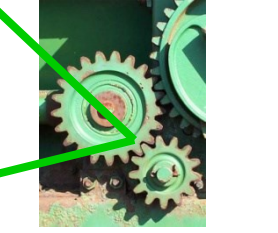


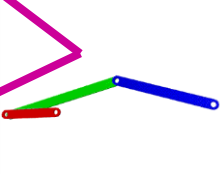

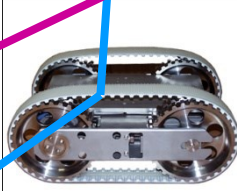


Solución	Descripción
	Botón: dispositivo que permite activar alguna acción mediante el paso o la interrupción de la corriente. Están formados por el pulsador, y en la parte interna dos contactos que determinan en qué posición se encuentra el pulsador.
	Palanca de emergencia: dispositivo que permite realizar la acción de parada inmediata mediante.



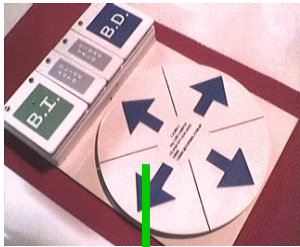




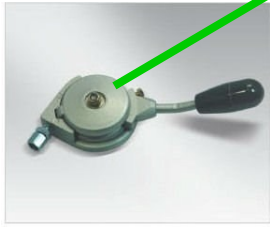

Solución	Descripción
	Botón de emergencia: dispositivo que permite el paso de la corriente o la interrumpe mediante el giro del mismo. Es utilizado para generar una parada de emergencia.

Después de analizar cada una de las posibles alternativas de solución para cada función y subfunción se realiza una matriz morfológica, Tabla 22, donde se resumen y se organizan las soluciones obtenidas de acuerdo a las funciones establecidas para generar el concepto de manera más sencilla.

Tabla 22 Matriz morfológica

Función	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Acomodar Usuario a la Silla	 A	 B C	
Asegurar Usuario a la Silla		 C	
Transformar Energía Eléctrica de AC a DC	 <small>Public domain, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rectifier.png</small>		
Almacenar Energía		 C	

Transformar Voltaje			
Transformar Energía Eléctrica Mecánica			
Transmitir Energía Mecánica			
Sedestar Bipedestar Usuario			
Trasladar Usuario			
Encender Dispositivo			

Accionar Desplazamiento			
Accionar Sedestación o Bipedestación			
Parada			

En el Anexo 4 se determina de donde fueron tomadas las imágenes que se muestran en la matriz morfológica.

CONCEPTO A

De acuerdo a la matriz morfológica el concepto A esta conformada por una silla de ruedas que brinda comodidad al usuario al estar en posición de sedestación, este es asegurado por medio de correas de velcro que le dan seguridad al ser difíciles de separar, cuenta con un puente rectificador para transformar la energía eléctrica de AC a DC para así almacenarla en la batería de plomo. Esta batería es más económica que las demás, es fácilmente recargable, sin embargo, su peso es elevado lo que haría inestable a toda la silla dado que la electrónica y la fuente de poder van a estar localizadas en el espaldar, y además ocupa un mayor espacio. Para transformar la energía eléctrica a mecánica se utiliza un motor DC y como elemento de potencia cuenta con un actuador lineal eléctrico que permite mayor extensión ocupando menos espacio dentro de la silla y junto a un sistema de barras permite la sedestación y bipedestación del dispositivo. Para su encendido tiene un interruptor tipo pulsador que proporciona mayor facilidad al momento de accionarlo y para su manipulación se tendrá un sistema joystick que resulta útil para personas con algún grado de discapacidad en miembros superiores ya que no requiere de

motricidad fina para su accionamiento. Tanto para accionar la sedestación y bipedestación como para el sistema de parada de emergencia se utilizan botones por su fácil accionamiento sin necesidad de motricidad fina para ello.

CONCEPTO B

El concepto B consta de un bipedestador tipo grúa que permite levantar grandes pesos aunque impide el ingreso a ciertos lugares estrechos, para asegurar el paciente a la silla tiene un sistema de correa con reata que permite ajustar al tamaño de la persona.

La transformación de energía se realiza por medio de un puente rectificador y la energía se almacena en una batería de polímero en litio las cuales tiene un tamaño reducido, son livianas, aunque son costosas. La transformación del voltaje se hace por medio de un circuito buck que permite disminuir el voltaje en la salida con respecto a la entrada, y la transformación de la energía eléctrica a mecánica se hace por medio de un motor trifásico. La potencia será transmitida por medio de un sistema de tornillos sin fin, el cual aumenta el torque y brinda estabilidad al sistema aunque reduce la velocidad para pasar de la sedestación a la bipedestación. El sistema de sedestación estará montado sobre un sistema de tirabuzón como el utilizado en los gatos mecánicos para levantar vehículos, utilizara un sistema de orugas que puede sobrepasar cualquier obstáculo. Tendrá su encendido por medio de un interruptor y el accionar de movimiento se hará por medio de un trackball que permite una movilidad en cualquier grado de libertad aunque se requiere de movilidad fina para su manipulación. Para accionar la sedestación o la bipedestación se necesitara una palanca mecánica y el sistema será detenido por medio de un botón de paro de emergencia de giro.

CONCEPTO C

El concepto C consta de un bipedestador tipo grúa al igual que el concepto A y para asegurar el paciente a la silla tiene un sistema de correa con reata que permite ajustar al tamaño de la persona.

El almacenamiento de la energía se realiza mediante una batería ion litio las cuales tiene un tamaño reducido, son livianas, aunque son costosas. La transformación del voltaje se hace por medio de un circuito buck que permite disminuir el voltaje en la salida con respecto a la entrada, y la transformación de la energía eléctrica a mecánica se hace por medio de un motor monofásico. La potencia será transmitida por medio de tren de engranajes y un sistema tijeras para realizar la sedestación y bipedestación. Utilizara un sistema de ruedas neumáticas. Su accionamiento para el desplazamiento se hará por medio de un teclado de desplazamiento sin embargo este requiere de motricidad fina.

Para accionar la sedestación o la bipedestación se utiliza una palanca mecánica y el sistema será detenido por medio de una palanca de emergencia.

4.1.4 Selección del concepto

En esta etapa se evalúan los conceptos con respecto a las necesidades del cliente y a los criterios de selección mostrados en la Tabla 23, se comparan y se selecciona el concepto final que cumpla con los requisitos determinados.

Esta selección de concepto se puede realizar mediante diferentes métodos. En este trabajo se utiliza el método de puntuación de concepto donde se pondera la importancia de los criterios de selección dependiendo de su peso y la puntuación de cada concepto es determinada por la suma ponderada de las calificaciones. Para esto se realiza la matriz de puntuación de concepto donde la calificación se da en rangos entre 1 y 5, siendo 5 el mayor valor.

Tabla 23 Criterios de selección

Criterio de selección	Peso %
Fácil de manejar	15
Fácil para establecer posiciones	15
Estabilidad	25
Buen desempeño	10
Fácil mantenimiento	10
Seguridad	25

Tabla 24 Matriz de puntuación

CONCEPTO							
		A		B		C	
CRITERIO	PESO	Calificación	Puntuación Ponderada	Calificación	Puntuación Ponderada	Calificación	Puntuación Ponderada
Fácil de manejar	15%	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Fácil bipedestación para y sedestación	15%	5	0.75	3	0.45	4	0.6
Estabilidad	25%	5	1.25	5	1.25	5	1.25
Buen desempeño	10%	4	0.4	4	0.4	3	0.3
Fácil mantenimiento	10%	4	0.4	4	0.4	4	0.4
Seguridad	25%	5	1.25	5	1.25	5	1.25
	Puntuación total		4.8		4.35		4.25

A partir de la puntuación obtenida de los diferentes conceptos mostrada en la Tabla 24 se determina que el concepto a seleccionar es el A, al tener una diferencia de 0,45 con respecto al concepto B y de 0,55 con respecto al C.

4.2 ELEMENTOS DE DISEÑO DE DETALLE

4.2.1 Cálculo de la estabilidad del dispositivo

Para calcular el centro de masa en diferentes posiciones durante la sedestación y bipedestación se tienen en cuenta los valores de los segmentos corporales y las masas y momentos de inercia descritos anteriormente en la Tabla 6 y la Figura 15.

Se realizó el análisis para las posiciones de sedestación y bipedestación, comenzando con el análisis en posición de sedestación como se muestra en la Figura 24. Luego se obtuvo la Tabla 25 que especifica la manera de obtener el centro de masa teniendo en cuenta el grosor, la masa y la longitud del segmento corporal.

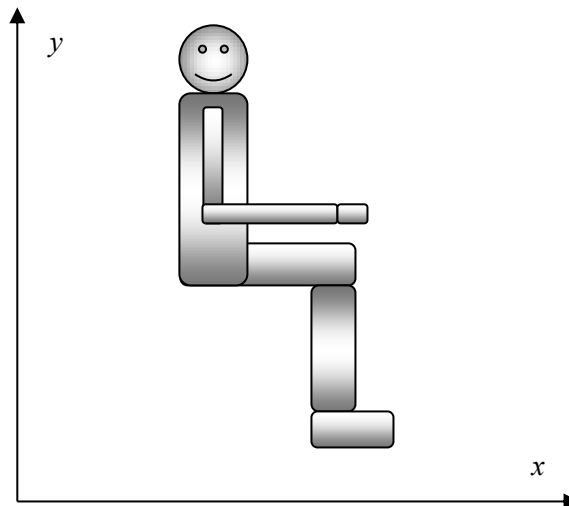


Figura 24 Posición de sedestación

Tabla 25 Método para hallar centro de masa en posición de sedestación

Segmento	Grosor	Masa (kg)	Longitud (cm)	X_{cm}
Mano	g_1	$2 * 0,006 * w$	$0.108 * h$	$X_0 + (g_8/2) + (0.146 * h) + 0.506 * (0.108 * h)$
Antebrazo	g_2	$2 * 0,016 * w$	$0.146 * h$	$X_0 + (g_8/2) + 0.43 * (0.146 * h)$

Segmento	Grosor	Masa (kg)	Longitud (cm)	X_{cm}
Brazo	g_3	$2 * 0,028 * w$	$0.186 * h$	$X0 + (g8/2)$
Pie	g_4	$2 * 0,145 * w$	$0.152 * h$	$X0 + (g8/2) + (0.48 - 0.285) * h + 0.5 * (0.152 * h)$
Pierna	g_5	$2 * 0,465 * w$	$(0.285 - 0.039) * h$	$X0 + (g8/2) + (0.48 - 0.285) * h + (g5/2)$
Muslo	g_6	$2 * 0,1 * w$	$(0.48 - 0.285) * h$	$X0 + (g8/2) + 0.433 * (0.48 - 0.285) * h$
Cabeza cuello	y g_7	$0,081 * w$	$(1 - 0.818) * h$	$X0 + (g7/2)$
Tórax	g_8	$0,216 * w$	$(0.818 - 0.72) * h$	$X0 + (g8/2)$
Abdomen	g_9	$0,139 * w$	$(0.72 - 0.53) * h$	$X0 + (g9/2)$
Cintura pélvica	g_{10}	$0,142 * w$	$(0.53 - 0.48) * h$	$X0 + (g10/2)$

Con base en el procedimiento de la Tabla 25 y conociendo los grosores de cada segmento corporal se halla el centro de masa para la posición de sedestación como se muestra en la Tabla 26.

En los anexos 1, 2 y 3 se muestran los valores de los centros de masa hallados para las demás posiciones de sedestación y bipedestación y para verificar la estabilidad del dispositivo.

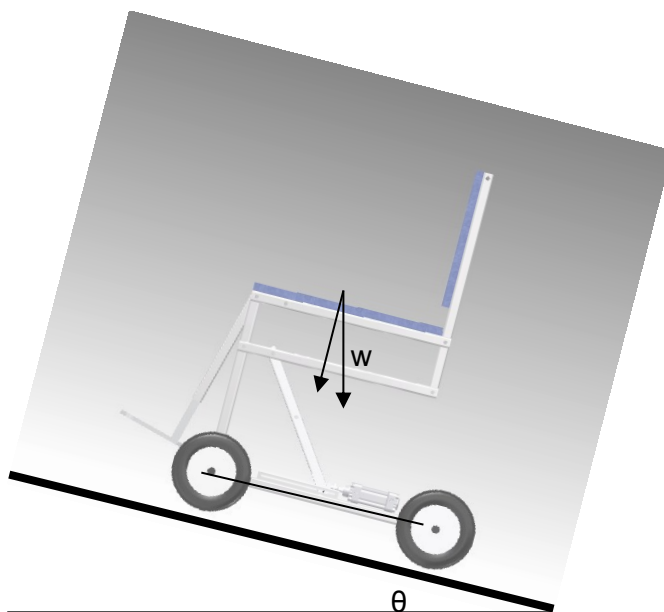
Tabla 26 Centros de masa en posición de sedestación

Miembro	Grosor	Masa (kg)	Longitud (cm)	X_{cm}	$X_{cm} * Masa$
Mano	1,00	0,62	17,60	43,21	26,96
Antebrazo	9,00	1,66	23,80	20,73	34,50

Miembro	Grosor	Masa (kg)	Longitud (cm)	Xcm	Xcm*Masa
Brazo	9,00	2,91	30,32	10,50	30,58
Pie	7,00	1,51	24,78	55,49	83,68
Pierna	10,00	4,84	40,10	48,10	232,61
Muslo	14,00	10,40	32,60	24,62	256,00
Cabeza y cuello	18,00	4,21	29,67	9,00	37,91
Tórax	21,00	11,23	15,97	10,50	117,94
Abdomen	16,00	7,23	30,97	8,00	57,82
Cintura Pélvica	14,00	7,38	8,15	7,00	51,69
Sumas		52,00			929,68
$X_{cm \text{ total}} \text{ (cm)}$	17,88				

4.2.2 Cálculo de potencia

Para el cálculo de la potencia necesaria para el desplazamiento y para el accionamiento de la bipedestación se realizaron diagramas de cuerpo libre donde el primero se realiza con un ángulo θ , siendo este el caso más desfavorable al requerir un desplazamiento en una rampa. El segundo diagrama de cuerpo libre representa el sistema para la bipedestación del dispositivo.



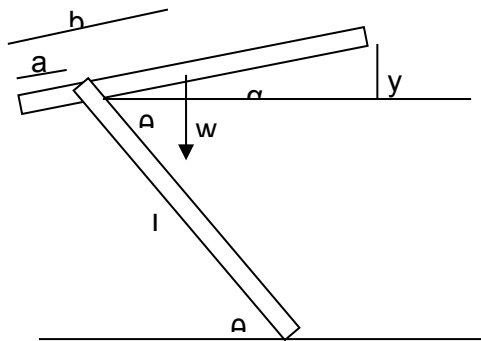
Luego de realizar los cálculos necesarios y desarrollar las ecuaciones se tiene que $Pot = R * V * (m * a_y + w * \sin \theta)$, donde R es el radio de las ruedas, V es la velocidad a la cual se desplaza el dispositivo, m es la masa del dispositivo, a_y es la aceleración, y w es el peso del dispositivo y la persona.

Se realizó una tabla y se varió el ángulo de la pendiente de la rampa para así determinar diferentes potencias necesarias, en la Tabla 27 se muestran dichos valores

Tabla 27 Potencia del motor para diferentes pendientes de rampa

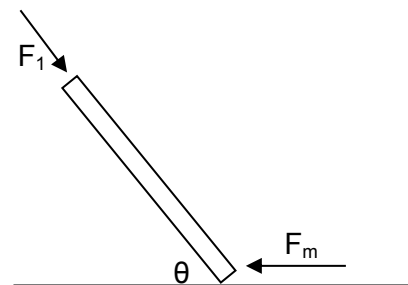
Constantes			θ	V (m/s)	Pot (W)
W	1227		0	0.2	36.0738
R	0.1		2	0.2	36.9302336
M	122.7		4	0.2	37.7856239
A	14.7		6	0.2	38.6389285
			8	0.2	39.4891079
			10	0.2	40.3351263

De acuerdo al segundo diagrama de cuerpo libre se determinaron dos diagramas de cuerpo libre para así hallar el valor de F_1 y el valor de la potencia



$$F_1 = \frac{m * a_y * \cos \alpha + w * \cos \alpha * b}{\sin(\alpha + \theta)}$$

$$F_m = F_1 * \cos \theta$$



$$Pot = F_m * V_x; \text{ donde } V_x = V_y * \tan \theta$$

El valor de V_y se halló experimentalmente observando cuanto tiempo se demora la bipedestación de 30 cm y el valor obtenido de tiempo fue de 7 s, lo cual me indica una velocidad de 0.043 m/s. A partir de este valor y de las ecuaciones anteriormente mencionadas se obtuvo la Tabla 28 donde se muestra la potencia requerida para la bipedestación

Tabla 28 Potencia para la bipedestación

Constantes			θ	α	Pot (w)
m	122.7		0	0	-
A	14.7		25	15	63.3972582
b	0.26		45	30	42.9904068
Vy	0.043		70	45	123.915376
			97.4	60	914.336736

F1	Fm	Vx
-	-	0
3189.82566	3161.764163	0.02005123
1903.16972	999.7769026	0.043
1656.1511	1048.872293	0.11814153
2761.82128	-2761.665309	-0.33108166

4.2.3 Dimensiones del dispositivo

Al finalizar los cálculos necesarios para la estabilidad y la potencia se determinaron las dimensiones del dispositivo a partir del método especificado en el capítulo 2 en la sección 4, donde se analizan las medidas de acuerdo a la antropometría del usuario. Para ello se tomaron medidas de un usuario real y se obtuvieron las dimensiones establecidas en la Tabla 29.

Tabla 29 Medidas antropométricas de un usuario

Medidas	Convención	Dimensión en cm
Largo del brazo	L_b	31
Largo del antebrazo	L_{ab}	30
Largo nalga-poplíteo	L_{n-p}	50
Largo pierna	L_p	43
Largo pies	L_{ps}	27

Medidas	Convención	Dimensión en cm
Altura nalga-omoplato	h_{n-o}	46
Altura hombro-nalga	h_{h-n}	56
Altura codo-asiento	h_{c-as}	26,3
Ancho cadera	a_c	39
Ancho pies	a_p	27,5

Con estas dimensiones se realizó el diseño final mostrado en las siguientes figuras.



Figura 25 **Modelo 3D de silla bipedestadora en sedestación**



Figura 26 **Modelo 3D de silla bipedestadora vista lateral en sedestación**



Figura 27 **Modelo 3D de silla bipedestadora en bipedestación**



Figura 28 Modelos 3D de silla bipedestadora vista lateral en bipedestación

Los materiales utilizados para el prototipo se presentan en la Tabla 30

Tabla 30 Materiales de las diferentes piezas de la silla bipedestadora para baño

Pieza	Material	Especificaciones
Asiento	Polietileno	Baja densidad
Espaldar	Polietileno	Baja densidad
Barras asiento	AISI 316	Perfil de 25x25 mm de 3 mm
Barras espaldar	AISI 316	Perfil de 25x25 mm de 3 mm
Barras altura	AISI 316	Perfil de 25x25 mm de 3 mm

Barras apoya pies	AISI 316	Perfil de 25x25 mm de 3 mm
Barras conexión ruedas	AISI 316	Perfil de 25x25 mm de 3 mm
Ruedas	Pieza estándar	De 8"
Actuador	Pieza estándar	
Apoya pies	Polietileno	Baja densidad

4.2.4 Simulación del comportamiento mecánico por FEA

La silla de prototipo final es evaluada por medio de análisis de elementos finitos con el fin de verificar que los esfuerzos y desplazamientos generados por el peso propio y el peso del usuario no exceden los máximos admisibles.

La silla fue ensamblada en el software Autodesk Inventor Professional 2013 y simulada en el software de elementos finitos Autodesk Simulation Multiphysics. Para la sedestación se usaron aproximadamente 50280 elementos tetraédricos para el enmallado. A cada uno de los elementos se le asignó un material desde la biblioteca del software y se aplicaron restricciones en todos los grados de libertad de los nodos correspondientes al contacto de las ruedas de la silla con el suelo. Se le aplicó una carga distribuida sobre el asiento de 1100 N correspondiente al peso del usuario y al peso propio correspondiente a la gravedad de cada componente, se agregó un peso de 60N en el espaldar que representa el peso de las baterías y los circuitos eléctricos y de potencia como se muestra en la Figura 29.

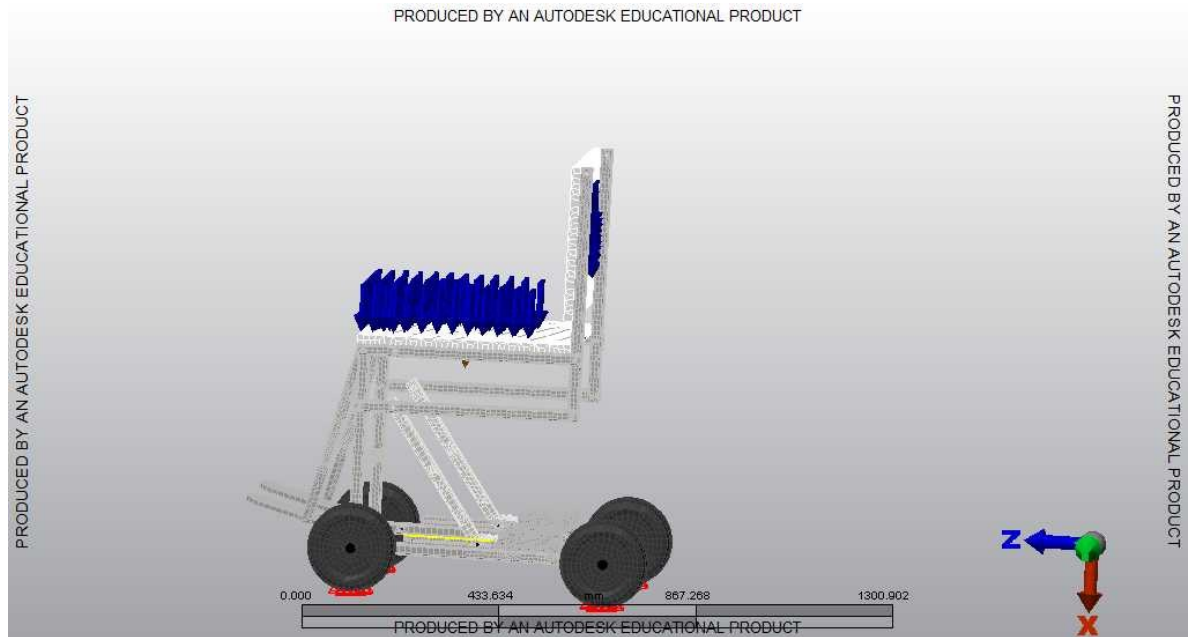


Figura 29 Simulación de silla bipedestadora para baño en sedestación con cargas y restricciones aplicadas para FEA

Los resultados de la simulación por elementos finitos durante la sedestación muestran que el máximo esfuerzo en las piezas es de 40 MPa y se encuentra localizado en la conexión de las piezas elevadoras como se muestra en la Figura 30, este esfuerzo es mucho menor que el esfuerzo del material lo que indica que cumple con los requerimientos mecánicos. Por otra parte el desplazamiento máximo generado sobre la silla bipedestadora como se muestra en la Figura 31 es de 10 mm y además está localizado en las zonas del asiento las cuales no comprometen ningún grado de libertad.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA

correspondientes al contacto de las ruedas de la silla con el suelo, se aplicó una carga distribuida sobre los apoyapiés de 1100 N correspondiente al peso del usuario y al peso propio equivalente a la gravedad de cada componente, se agregó un peso de 60N en el espaldar que representa el peso de las baterías y los circuitos eléctricos y de potencia como se muestra en la Figura 32.

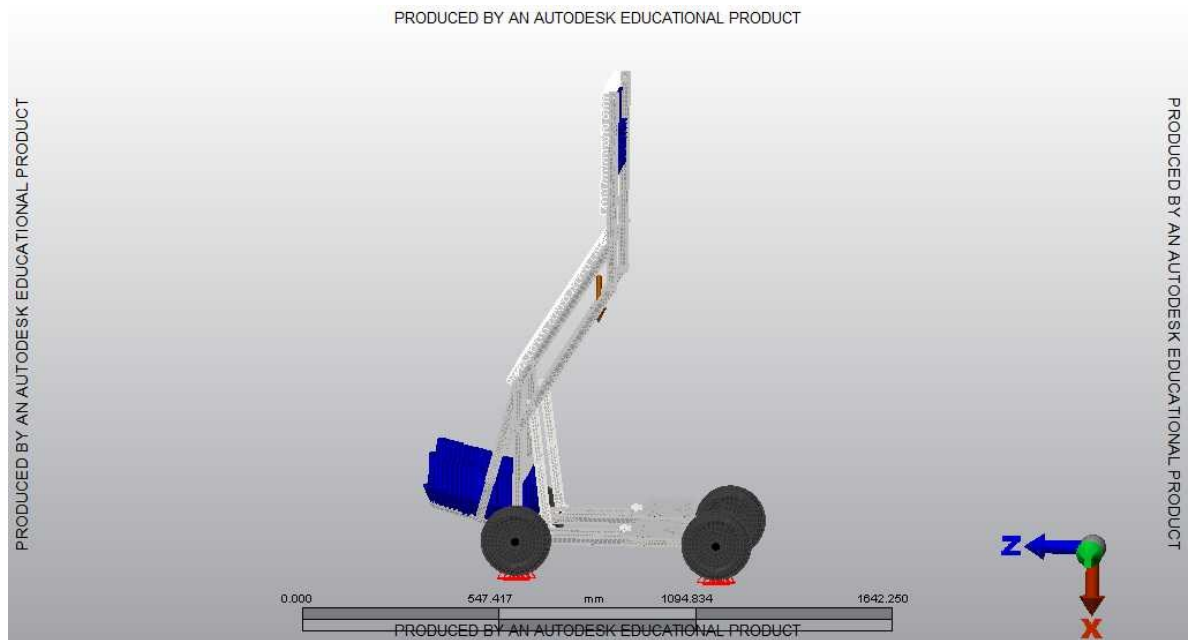


Figura 32 Simulación de silla bipedestadora para baño en bipedestación con cargas y restricciones aplicadas para FEA

Los resultados de la simulación por elementos finitos para la bipedestación muestran que el máximo esfuerzo en las piezas es de 50 MPa y se encuentra localizado en los soportes de los apoyapiés como se muestra en la Figura 33 el cual cumple con los requerimientos mecánicos. Por otra parte el desplazamiento máximo generado sobre la silla bipedestadora es de 2 mm en los apoyapiés como se muestra en la Figura 34

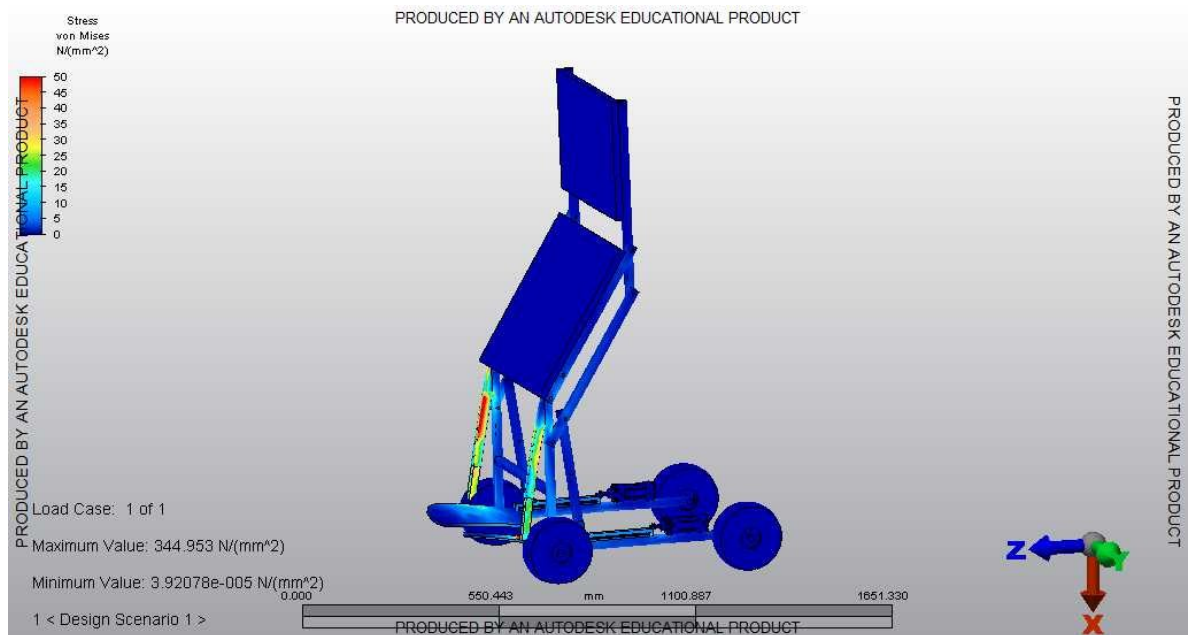


Figura 33 Simulación de esfuerzos de silla bipedestadora en bipedestación por FEA

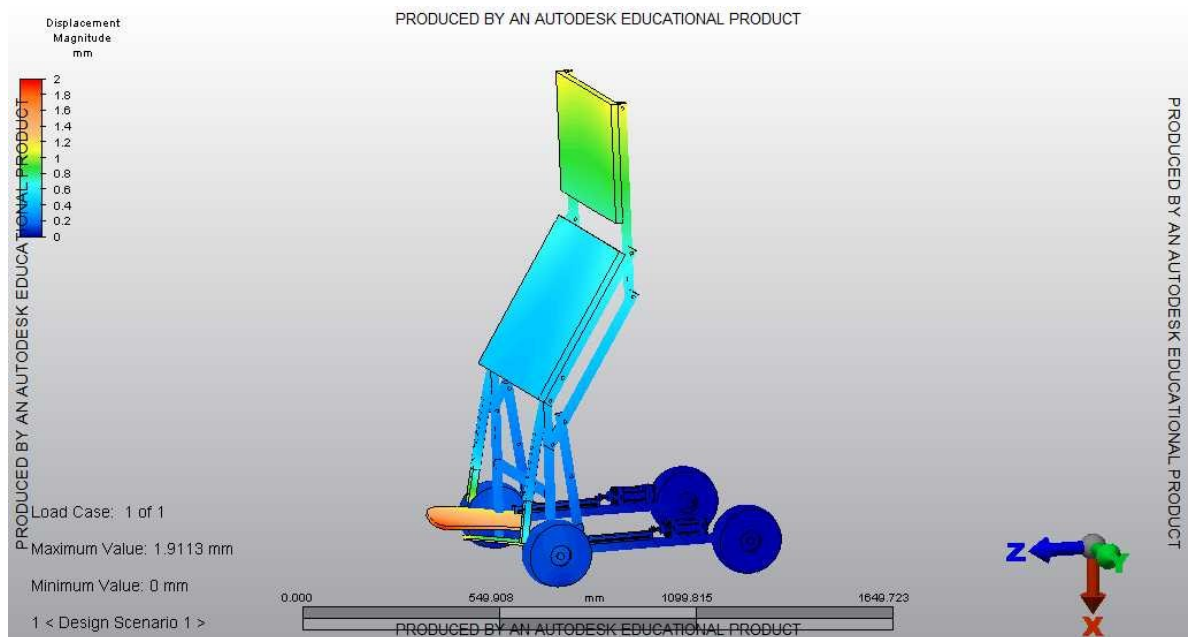


Figura 34 Simulación de desplazamiento de silla bipedestadora en bipedestación por FEA

5 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del diseño del prototipo de silla bidepedestadora para baño se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Se diseñó una silla bidepedestadora para personas con discapacidad de miembro inferior, útil para el ingreso a espacios reducidos tales como un baño donde se puede acceder a los diferentes muebles que lo componen como lo son el sanitario, el lavamanos y la ducha. Además de esto permite la realización de la sedestación y la bidepedestación.
- El dispositivo está diseñado con base en las medidas antropométricas de una persona estándar siguiendo las especificaciones determinadas en la norma Acopla 95, gracias a esto la silla puede ser adaptable a las diferentes personas de acuerdo a esta norma, sin embargo, si se utilizan diferentes métodos como el utilizado en libro *“Biomecánica articular y sustituciones protésicas”* o siguiendo el proceso de toma de medidas antropométricas de un usuario como se explicó en el capítulo 2, se pueden desarrollar una silla a la medida.
- La silla fue diseñada por medio de la metodología de diseño conceptual de Ulrich (Ulrich & Eppinger, 2004) y se obtuvo un dispositivo que fue considerado la mejor solución entre las diferentes alternativas.
- El dispositivo se desarrolla mediante herramientas CAD permitiendo su visualización como un conjunto. El diseño se presenta en planos con las dimensiones específicas de cada componente. De igual manera se realizaron los cálculos de la estática necesarios para evaluar la estabilidad tanto del sistema como de los elementos que lo componen.
- Por medio de análisis de elementos finitos se simuló el comportamiento mecánico del dispositivo y tanto la simulación de esfuerzos como de desplazamiento evidencian que el dispositivo cumple con las mínimas especificaciones de aceptación.

En comparación con las sillas similares que se presentan en el mercado, este dispositivo adaptable a baños estándar brinda mayor autonomía e independencia a las personas en situación de discapacidad ya que permite la realización de su higiene personal de manera más privada, lo que a su vez le proporciona seguridad a la persona.

6 RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el desarrollo de la silla bipedestadora para el ingreso a espacios reducidos tales como baños se hacen las siguientes recomendaciones para un trabajo futuro:

- Hacer la construcción del dispositivo y evaluarlo con diferentes tipos de usuarios con discapacidad de miembro inferior siempre y cuando se ajusten a las dimensiones establecidas tanto en la norma Acopla 95 como en el método de desarrollo de sillas a la medida
- Hacer una verificación de la vida útil del dispositivo mediante pruebas de fatiga por medio de dispositivos electromecánicos.
- Algunos de los dispositivos son modificables tales como el espaldar y el asiento, los cuales fueron concebidos en polietileno por conceptos de fabricación principalmente, sin embargo, se pueden evaluar diferentes tipos de materiales que generen mayor ergonomía al usuario evitando la generación de úlceras por presión, prevengan la producción de hongos y eviten la humedad.
- Implementar todo el sistema electrónico que permita el movimiento del dispositivo, tanto en el desplazamiento como en la sedestación y bipedestación. Como se menciono anteriormente utilizar componentes como leds que evidencien si el dispositivo esta encendido, su posición para conocer el estado en el que se encuentra, a sea sedestación o bipedestación.

7 BIBLIOGRAFÍA

Alcaldia de Medellín. (9 de Diciembre de 2009). Recuperado el 10 de Octubre de 2012, de <http://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin>

Dejoz, R., & Gil, Á. En M. Comín, R. Dejoz, C. Atienza, J. Prat, J. Peris, P. Vera, y otros, *Biomecanica articular y sustituciones protésicas* (págs. 254-255). Valencia: Publicaciones IBV.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (30 de Noviembre de 2005). *DANE*. Recuperado el 10 de Marzo de 2012, de Boletín, Censo General 2005 Discapacidad - Colombia:
http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=307&Itemid=124

Discapacidad estimulada. (s.f.). Recuperado el 24 de Marzo de 2012, de <http://discapacidadestimulada.wordpress.com/>

Foros Semana. (6 de Abril de 2010). Recuperado el 13 de Abril de 2012, de Discapacidad en Colombia: Retos para la inclusion en capital humano:
<http://www.forossemana.com/evento-debates-semana/discapacidad-colombia-retos-para-inclusion-capital-humano/261.aspx>

Gómez Beltrán, J. C., & González, C. I. (Septiembre de 2008). *Fundacion Saldarriaga Concha*. Recuperado el 6 de Abril de 2012, de Discapacidad en Colombia: reto para la inclusion en capital humano:
<http://www.saldarriagaconcha.org/Library/Resource/Documents/tomo%201601.pdf>

Guia movilidad. (s.f.). Recuperado el 10 de Marzo de 2012, de <http://www.guiamovilidad.com/>

Iniciativa Múltiple de Atención de Gaps a la Integración, Normalización y Accesibilidad. (s.f.). *Imagina*. Recuperado el 10 de Marzo de 2012, de <http://www.imagina.org/archivos/biomecanica.htm>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. (31 de Mayo de 2004). *Accesibilidad de las personas al medio fisico, Escaleras*. Recuperado el 3 de Agosto de 2012, de Universidad Santo Tomás Tunja:
http://www.ustatunja.edu.co/arquitectura/images/documentos/5_ntc4145.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. (31 de Mayo de 2004). *Accesibilidad de las personas al medio físico, Rampas fijas*. Recuperado el 3 de Agosto de 2012, de Universidad Santo tomás Tunja: http://www.ustatunja.edu.co/arquitectura/images/documentos/3_ntc%204143.pdf

Organización Mundial de la Salud. (1980). Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías "CIDDM". Colombia.

Organización Mundial de la Salud. (Julio de 1999). Clasificación Internacional del Funcionamiento y la Discapacidad "CIF". Ginebra, Suiza.

Organizacion Mundial de la Salud; Banco Mundial. (2011). *Organizacion Mundial de la Salud*. Recuperado el 13 de Abril de 2012, de Informe Mundial sobre la Discapacidad: http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/index.html

Tecnum. (s.f.). Recuperado el 16 de Marzo de 2012, de Catálogo: <http://www.tecnum.net/catalogo.htm>

Ulrich, K., & Eppinger, S. (2004). *Diseño y Desarrollo de Productos* (Tercera Edicion ed.). Mexico: McGraw-Hill Interamericana.

Universidad del Rosario. (Mayo de 2007). *Tecnología y Discapacidad*. Recuperado el 8 de Agosto de 2012, de Secretaria Distrital de Salud de Bogotá: <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Discapacitados/Bancos%20de%20ayudas%20t%C3%A9cnicas/Proyecto%20tecnolog%C3%ADa%20y%20discapacidad.pdf>

Universidad Nacional Autonoma de Mexico. (2004). *Facultad de Medicina UNAM*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2012, de Manual de antropometría : http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spi/unidad2/Antropometria_manualinnsz.pdf

Universidad Nacional de Colombia. (2000). *Accesibilidad al medio físico y al transporte*. Recuperado el 3 de agosto de 2012, de Discapacidad Colombia: <http://discapacidadcolombia.com/documentos/manualAccesibilidad.pdf>

8 ANEXOS

Anexo 1 Centro de masa en posición de bipedestación

Miembro	Grosor	Masa (kg)	Longitud (cm)	Xcm	Xcm*Masa
Mano	1,00	0,62	17,60	0,50	0,31
Antebrazo	9,00	1,66	23,80	4,50	7,49
Brazo	9,00	2,91	30,32	4,50	13,10
Pie	7,00	1,51	24,78	3,50	5,28
Pierna	10,00	4,84	40,10	5,00	24,18
Muslo	14,00	10,40	32,60	7,00	72,80
Cabeza y cuello	18,00	4,21	29,67	14,00	58,97
Tórax	21,00	11,23	15,97	10,50	117,94
Abdomen	16,00	7,23	30,97	15,50	112,03
Cintura Pélvica	14,00	7,38	8,15	7,00	51,69
Sumas		52,00			463,79
X _{cm total} (cm)	8,92				

Anexo 2 Centro de masa en posición de sedestación con brazo extendido.

Miembro	Grosor	Masa (kg)	Longitud (cm)	Xcm	Xcm*Masa
Mano	1,00	0,62	17,60	73,52	45,88
Antebrazo	9,00	1,66	23,80	51,05	84,95
Brazo	9,00	2,91	30,32	23,72	69,07
Pie	7,00	1,51	24,78	3,50	5,28
Pierna	10,00	4,84	40,10	5,00	24,18
Muslo	14,00	10,40	32,60	7,00	72,80
Cabeza y cuello	18,00	4,21	29,67	9,00	37,91
Tórax	21,00	11,23	15,97	10,50	117,94
Abdomen	16,00	7,23	30,97	8,00	57,82

Miembro	Grosor	Masa (kg)	Longitud (cm)	Xcm	Xcm*Masa
Cintura Pélvica	14,00	7,38	8,15	7,00	51,69
Sumas		52,00			567,51
X_{cm} total (cm)	10,91				

Anexo 3 Centro de masa en posición de sedestación con brazo extendido y peso de 0,5 kg

Miembro	Grosor	Masa (kg)	Longitud (cm)	Xcm	Xcm*Masa
Mano	1,00	1,62	17,60	73,52	119,40
Antebrazo	9,00	1,66	23,80	51,05	84,95
Brazo	9,00	2,91	30,32	23,72	69,07
Pie	7,00	1,51	24,78	3,50	5,28
Pierna	10,00	4,84	40,10	5,00	24,18
Muslo	14,00	10,40	32,60	7,00	72,80
Cabeza y cuello	18,00	4,21	29,67	9,00	37,91
Tórax	21,00	11,23	15,97	10,50	117,94
Abdomen	16,00	7,23	30,97	8,00	57,82
Cintura Pélvica	14,00	7,38	8,15	7,00	51,69
Sumas		53,00			641,03
X_{cm} total (cm)	12,09				

Anexo 4 Referencias de imágenes de la matriz morfológica

Función	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Acomodar Usuario a la Silla	http://www.nuevadistribuidora.com/informacion.php?pg=24	http://sanicenter.es/83-grua-de-bipedestacion-virmedic-e-150-elev-up.html	
Asegurar Usuario a la Silla	http://networkingnerd.net/2012/10/05/velcro-for-var-engineers/velcro/	http://www.camocasual.com/Cin-turon-Negro-Velcro-Interior	
Transformar Energía Eléctrica de AC a DC	http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Diod_e_bridge.svg&page=1		
Almacenar Energía	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:BNGP12V70.png	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lithium_Battery1.jpg	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lithium_polymer_battery_(11.1_volts).jpg
Transformar Voltaje	http://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor_Boost	http://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor_Buck	
Transformar Energía Eléctrica a Mecánica	http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Commutation	http://quadroeletrico.blogspot.com/2010/08/motores-eletricos-monofasicos.html	http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Diagrama_coneccion_motor_trifasic_o.jpg
Transmitir Energía Mecánica	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Worm_Gear_and_Pinion.jpg	http://www.solostocks.com.ar/venta-productos/instrumentos-medicion-analisis/instrumentos-deteccion/actuador-lineal-modelo-cd8516-282427	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gears_large.jpg
Sedestar o Bipedestar Usuario	http://www.john-car.com.ar/elevadores.php	http://www.mikelsmexico.com.mx/?p=449	http://four-barmechanism.blogspot.com/2010/05/definicion.html
Trasladar Usuario	http://www.ortosoluciones.com/es/accesorios-sillas/repuestos/	http://www.eca-robotics.com/sp/vehiculo-robotico/sistemas-de-control-&	

Función	Solución 1	Solución 2	Solución 3
		seguridad-nuclear-portadores-cep-75-carro-electrico-sobre-orugas,-estanco-y-multidireccional/465.htm	
Encender Dispositivo	http://www.electronicalugo.com/index.php?main_page=index&cPath=643_758	http://www.amig.es/es/interruptor-pulsador-mod-3388/q/2609	
Accionar Desplazamiento	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Atari_XE_joystick.jpg	http://en.wikipedia.org/wiki/Trackball	http://www.centrocamac.org/secciones/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=103
Accionar Sedestación Bipedestación	o http://www.epromsa.com/pulsadores_%C3%9822mm_340	http://www.directindustry.es/prod/getech-international-gmbh/manivelas-64913-448997.html	http://bmw.ebuga.es/blog/acortar-recorrido-de-palanca-de-cambios/
Parada	http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/229254/229463/1550898/print.html	http://spanish.alibaba.com/product-free/emergency-lever-119703985.html	http://noticias.terra.com/noticias/ee_uu_obama_y_su_poder_de_desconectar_internet/act2622025



UNIVERSIDAD CES
Un Compromiso con la Excelencia

ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

ACTA DE EVALUACIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Fecha: (dd/mm/aa)	22 / 11 / 2012							
Nombre del proyecto:	Silla bipedestadora de baño para pacientes con discapacidad de miembro inferior							
Director del proyecto:	Yesid de Jesús Montoya Góez							
	<table border="1"> <tr> <td>Nombre del estudiante</td> <td>Programa académico</td> </tr> <tr> <td>Manuela Giraldo Gómez</td> <td>Ingeniería Biomédica</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Nombre del estudiante	Programa académico	Manuela Giraldo Gómez	Ingeniería Biomédica			
Nombre del estudiante	Programa académico							
Manuela Giraldo Gómez	Ingeniería Biomédica							
Nombre del Jurado:								
Evaluación del proyecto: Espacio exclusivo para jurado								
<input type="checkbox"/> No aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado sin mención <input type="checkbox"/> con Mención Pública <input type="checkbox"/> con Mención honorífica <input type="checkbox"/> Trabajo laureado								
Justificación del reconocimiento: (Artículo 28 del Acuerdo 11: "El director del Programa presentará el acta final de evaluación al Consejo Académico, donde consta la solicitud de mención especial debidamente justificada y el Consejo determinará si se otorga o no"). <u>La justificación debe tener mínimo 500 palabras.</u>								


DIRECTOR DEL PROGRAMA


DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

JURADO (Si lo hubo)